

**DISEÑO DE REDES DE SERVICIO, MONTAJE Y
DISTRIBUCION EN PLANTA DE EQUIPOS PARA EL
SALON DE POST-PROCESO DE LA EMPRESA
DISTRAVES S.A**

JULIAN PRADA PRADA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2007

**DISEÑO DE REDES DE SERVICIO, MONTAJE Y
DISTRIBUCION EN PLANTA DE EQUIPOS PARA EL
SALON DE POST-PROCESO DE LA EMPRESA
DISTRAVES S.A**

JULIAN PRADA PRADA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

**OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2007

Dedico este libro

A Dios por su sabiduría

Mis Padres por su motivación y confianza.

Mis hermanas por su apoyo en esta etapa de la vida.

Yosima Saavedra amiga incondicional.

Mis amigos por los momentos compartidos.

Julian Prada Prada.

AGRADECIMIENTOS

A Distribuidora Avícola S.A – Distraves por darme la oportunidad de aplicar lo aprendido en un campo de acción real.

A Ivan Orejarena, jefe de mantenimiento de Distraves por su apoyo e impulso para empezar mi carrera como ingeniero.

Al grupo de mantenimiento de Distraves por su colaboración para el montaje.

Al profesor Omar Gelves, director de proyecto de grado por la acompañamiento y respaldo en este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la escuela de Ingeniería Mecánica por los docentes fuente de experiencia y consejos para nuestra vida profesional.

Julian Prada Prada.

CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2. RECOLECCION DE NECESIDADES TECNICAS	7
2.1. REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS.....	7
2.2. REQUERIMIENTOS HIDRÁULICOS.....	8
2.3. REQUERIMIENTOS NEUMÁTICOS.....	9
3. DISTRIBUCION EN PLANTA DE LOS EQUIPOS PARA EL SALON DE POST – PROCESO.....	10
3.1. PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	10
3.2. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	11
3.2.1. Distribución por posición fija.....	12
3.2.2. Distribución por proceso.	13
3.2.3. Distribución por producto.	14
3.3. EQUIPOS NECESARIOS PARA EL SALON DE POST-PROCESO	16
3.3.1. Equipos para procesar CMD (carne mecánicamente deshuesada)	18
3.3.2. Equipos para el desprese del pollo	20
3.3.3. Equipos de inyección de salmuera:	23
3.3.4. Equipos de empaque:.....	25
3.3.5. Equipos de servicio:	28
3.4. INSTALACIONES ACTUALES DEL SALÓN.....	29
3.5. PROPUESTA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL NUEVO SALÓN DE POST – PROCESO.	32
4. DISEÑO DE REDES DE SERVICIO.....	36
4.1. DISEÑO DE LA RED ELECTRICA.....	36
4.1.1 Tipos de distribución:.....	37

4.1.1.1	Distribución serie.....	37
4.1.1.2	Distribución en derivación	38
4.1.2	Redes de distribución	39
4.1.3	Tableros	39
4.1.3.1	Tablero principal:.....	40
4.1.3.2	Tablero seccional:	40
4.1.4	Dimensionamiento y canalización de los conductores.....	41
4.1.5	Dispositivos de maniobra y protección.	47
4.1.5.1	Interruptores	49
4.1.5.2	Fusibles	52
4.1.5.3	Contactores	54
4.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION.....	56
4.2.1.	Datos de entrada:.....	59
4.2.2.	Cálculo del numero de luminarias:.....	66
4.2.3.	Emplazamiento de las luminarias	67
4.2.4.	Comprobación de los resultados:	70
4.3.	DISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.	74
4.3.1.	Dispositivos de una red	75
4.3.2.	Sistema de distribución:.....	77
4.3.2.1.	Línea principal.....	77
4.3.2.2.	Línea secundaria.....	77
4.3.2.3.	Línea de servicio	78
4.3.3.	Configuración de la red:.....	78
4.3.4.	Inclinación de la red	81
4.3.5.	Selección de la tubería:	82
4.4.	DISEÑO DE LA RED DE AGUA.	90
4.4.1.	Componentes de un sistema de agua potable:.....	90
4.4.2.	Requerimientos de consumo hidráulico del salón:	92

4.4.3. Cálculos para determinar el diámetro mínimo de la línea principal y la línea de servicio. 96

4.5. DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR..... 113

4.5.1. Clases de intercambiadores de calor. 114

4.5.2. Cálculos de diseño del intercambiador de calor. 120

4.5.2.1. Calculo del diámetro hidráulico. 122

4.5.2.2. Calculo de la diferencia media logarítmica:..... 123

4.5.2.3. Calculo del coeficiente de transferencia de calor interno:
125

4.5.2.4. Calculo del coeficiente de transferencia de calor externo:
125

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de flujo para el manejo del pollo en la Planta Beneficio... 4	4
Figura 2. Clasificación de los equipos del salón de post-proceso. 17	17
Figura 3. Techo del salón de post-proceso..... 30	30
Figura 4. Estado de algunas de las paredes del salón. 30	30
Figura 5. Estado del piso del salón. 31	31
Figura 6. Instalaciones eléctricas e hidráulicas sobre el techo..... 31	31
Figura 7. Diagrama de flujo para el manejo del producto en el salón de post - proceso..... 33	33
Figura 8. Tablero seccional con barraje de distribución para las sub acometidas. 41	41
Figura 9. Curva característica de un magneto térmico. 52	52
Figura 10. Red aire comprimido abierta. 79	79
Figura 11. Red aire comprimido cerrada..... 80	80
Figura 12. Red aire comprimido interconectada. 81	81
Figura 13. Inclinación de la red..... 82	82
Figura 14. Red de distribución de aire comprimido con los puntos de servicio. 83	83
Figura 15. Nomograma de longitudes supletorias. 85	85
Figura 16. Vista isométrica de la red de aire. 86	86
Figura 17. Diagrama de distribución de la red de agua. 93	93
Figura 18. Trazado de la línea de agua..... 94	94
Figura 19. Red de agua con los puntos de consumo..... 95	95
Figura 20. Vista isometrica de la red de agua. 96	96
Figura 21. Red de agua principal y red de agua para el salón de post – proceso. 102	102

Figura 22. Esquema de montaje del intercambiado en el sistema eliminador de olores.	113
Figura 23. Intercambiador de doble tubo.	115
Figura 24. Intercambiador tipo compacto.	117
Figura 25. Intercambiador de casco y tubo.	118
Figura 26. Intercambiador de placas y armazón.	119
Figura 27. Procedimiento para calcular el diámetro hidráulico.	122

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos eléctricos	7
Tabla 2. Requerimientos hidráulicos.....	9
Tabla 3. Requerimientos neumáticos.....	9
Tabla 4. Especificaciones técnicas Molino Prince.	19
Tabla 5. Especificaciones técnicas separadora Sepamatic	20
Tabla 6. Especificaciones técnicas línea de conos.	22
Tabla 7. Especificaciones técnicas despresadora manual.....	23
Tabla 8. Especificaciones técnicas inyectora Metalquimia.....	25
Tabla 9. Especificaciones técnicas inyectora Belam.....	25
Tabla 10. Especificaciones técnicas selladora manual.....	26
Tabla 11. Especificaciones técnicas embandejadora Super Chick ULMA	27
Tabla 12. Especificaciones técnicas Empacadora Vacío.	28
Tabla 13. Especificaciones técnicas Compresor de aire.....	29
Tabla 14. Distribución de áreas para el salón de proceso.	35
Tabla 15. Capacidad de corriente según el calibre del conductor	45
Tabla 16. Resumen del proceso de sección.....	46
Tabla 17. Tabla de las magnitudes de la iluminación.	57
Tabla 18. Sistemas de iluminación.....	61
Tabla 19. Posibles alturas de la luminaria.	62
Tabla 20. Índices del local.	63
Tabla 21. Coeficientes de reflexión.....	64
Tabla 22. Factores de mantenimiento.	66
Tabla 23. Separación de la luminaria según la altura.	69
Tabla 24. Resumen de la disposición de las luminarias.....	69
Tabla 25. Tabla resumen del proceso de diseño salón producción.....	71
Tabla 26. Tabla resumen proceso selección salón de empaque.....	73

Tabla 27. Diámetros finales de la tubería.....	89
Tabla 28. Especificaciones para la red de agua.	93
Tabla 29. Datos de selección red de agua.....	96
Tabla 30. Longitud equivalente adimensionales representativas ($\frac{L_e}{D}$) para algunos accesorios.	99
Tabla 31. Resumen de datos sobre el diseño de la tubería de agua.	101
Tabla 32. Resultados de Epanet para la tubería de 2"	105
Tabla 33. Resultados de Epanet para la tubería de 2 ½.	107
Tabla 34 .Resultados de Epanet para la tubería de 3"	108
Tabla 35. Resultados de Epanet para la tubería de 4":	110
Tabla 36. Cuadro de pérdidas de presión y velocidades para los diferentes diámetros.	111
Tabla 37. Datos de diseño para el intercambiador de casco y tubo.....	120
Tabla 38. Datos de entrada para el diseño.....	123
Tabla 39. Propiedades del agua y el vapor para el diseño.	124
Tabla 40. Resumen del diseño del intercambiador con las posibles configuraciones:.....	129

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Planos

Anexo B. Tabla de resistencia y reactancia para cable de 600 V

Anexo C. Niveles de iluminancia adoptados del Retie

Anexo D. Iluminación

Anexo E. Curva de operación de la bomba para el intercambiador

Anexo F. Imágenes de construcción del intercambiador de calor

Anexo G. Data sheet para compresor ingersoll rand UP6 15 – 125

Anexo H. Curva de operación de la bomba para red hidráulica

Anexo I. Caída de presión en tuberías según Crane

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DE REDES DE SERVICIO, MONTAJE Y DISTRIBUCION EN PLANTA DE EQUIPOS PARA EL SALON DE POST-PROCESO DE LA EMPRESA DISTRAVES S.A.*

AUTOR:

Julian Prada Prada. **

PALABRAS CLAVES:

Distribución en planta, redes de servicio.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el montaje de un salón de procesamiento de pollo para lo cual se deberá hacer el diseño de las redes de servicio, el montaje y distribución en planta de los equipos; La necesidad de realizar un nuevo salón de desprese es debido al aumento en la demanda de productos de pollo, también se busca dar solución a algunas necesidades como la disminución de los costos por el trasteo del pollo dentro de la planta y el mejoramiento de la cadena de frío del producto.

Una distribución en planta adecuada busca encontrar el mejor ordenamiento de las áreas de trabajo y del equipo con el fin de conseguir la máxima economía en el trabajo al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores, además una distribución en planta implica la ordenación de espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, servicios para el personal, etc. Un capítulo fundamental de este proyecto tratará el tema de la distribución de los equipos en el salón, así como la determinación de las líneas de flujo del producto.

El desarrollo de este proyecto iniciará con la toma de datos de las necesidades técnicas de los equipos, las cuales servirán de base para poder hacer el diseño de las redes de servicio y adecuar el salón de acuerdo a los requerimientos de los equipos y del proceso, posteriormente se procederá a la realización del ordenamiento de los mismos cumpliendo con la secuencia del procesamiento del producto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Omar Gelvez.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN OF SERVICE NETS, ASSEMBLY AND DISTRIBUTION IN PLANT OF TEAMS FOR THE LIVING ROOM OF POST-PROCESS OF THE COMPANY DISTRAVES.*

AUTHORS:

Julian Prada Prada. **

KEY WORDS:

Distribution in plant, nets service

DESCRIPTION:

The present work has as objective to carry out the assembly of a living room of chicken prosecution for that which will be made the design of the service nets, the assembly and distribution in plant of the teams; The necessity to carry out a new deboing living room is due to the increase in the demand of chicken products, it is also looked for to give solution to some necessities like the decrease of the costs for the I mess up of the chicken inside the plant and the improvement of the chain of cold of the product.

A distribution in plant appropriate search to find the best classification in the workspaces and of the machine with the purpose of getting the maximum economy at the same time in the work that the biggest security and the workers' satisfaction, also a distribution in plant implies the ordination of necessary spaces for the movement of the material, storage, teams or production lines, services for the personnel, etc. An I surrender fundamental of this project it treated the topic of the distribution of the teams in the living room, as well as the determination of the lines of flow of the product.

The development of this project began with the taking of data of the technical necessities of the teams, which will serve as base to be able to make the design of the service nets and to adapt the living room according to the requirements of the machine and of the process, later on you will proceed when carrying out the classification of the same ones fulfilling the sequence of the prosecution of the product.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Omar Gelvez.

INTRODUCCIÓN

El sector avícola colombiano ha mostrado un crecimiento promedio anual del 6.4% a lo largo de la década de los noventa y ahora con el tratado de libre comercio con los Estados Unidos se hace necesario fortalecer la industria colombiana para poder competir en precio y calidad con el nuevo mercado internacional.

Es por este motivo que reducción de los costos en el procesamiento del pollo juegan un papel importante para ser competitivos en el mercado, así como las adecuadas instalaciones de trabajo y un ambiente de temperatura controlada que asegure la conservación de los productos brindando la mejor calidad.

Para el proceso del beneficio del pollo, la empresa Distraves S.A. posee una planta de sacrificio ubicada en Piedecuesta vereda Guatigura, en la cual se realiza el sacrificio del pollo, el desprese, la conservación y distribución del producto.

La creciente demanda de pedidos de presas de pollo ha hecho que la empresa evalué su actual capacidad para cumplir con los pedidos y se ha llegado a la conclusión que es necesario una expansión del actual salón de post-proceso el cual es el encargado de realizar el corte y fileteo del pollo.

Con este proyecto se busca realizar el diseño, construcción de redes de servicio y montaje de los equipos para el salón de post-proceso que permita alcanzar la máxima productividad del proceso para cumplir con los estándares de calidad y procedimientos impuestos por las nuevas tendencias del mercado.

Se iniciara realizando la distribución en planta de los equipos considerando las líneas de flujo de los productos, las necesidades del proceso y los equipos existentes.

Una vez se tengan los equipos en su lugar de trabajo y determinadas las áreas de trabajo se procederá a realizar el diseño de las redes de servicio (red hidráulica, eléctrica, neumática).

Finalmente se diseñara el sistema de iluminación adecuado de acuerdo al tipo de actividad a realizar, se seleccionaran las luminarias apropiadas para la industria alimenticia y se plantea la distribución de las luminarias para cumplir con lo niveles de iluminación recomendados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

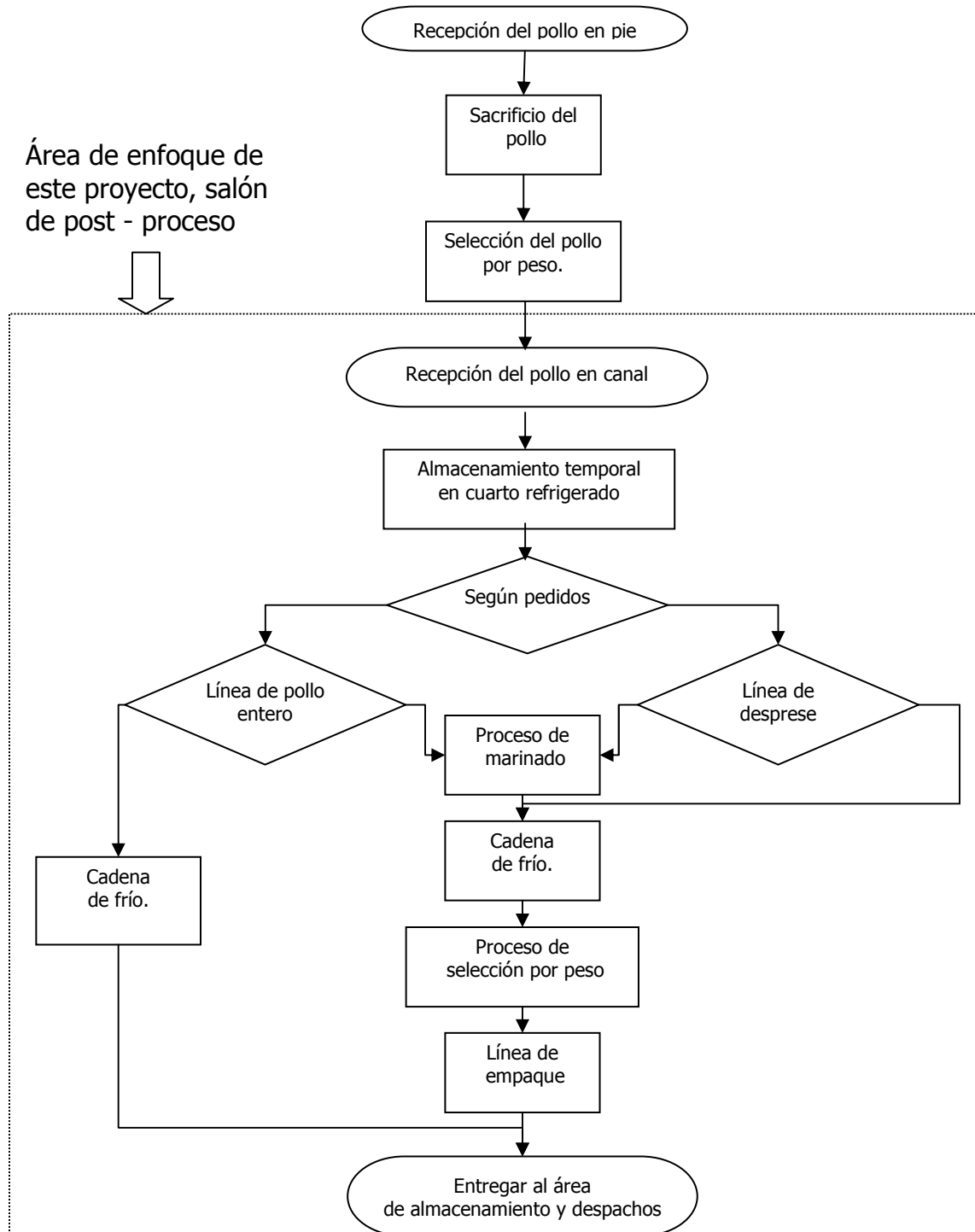
1.1. IDENTIFICACIÓN:

El sacrificio de aves incluye varios procesos tales como el beneficio de los pollos, desprese y continua a con el enfriamiento para pasar finalmente a el control de calidad, selección y empaque.

El desprese del pollo se realiza en el salón de post - proceso el cual opera en las instalaciones de la planta de beneficio el Diamante propiedad de Distraves S.A, allí el proceso inicia con la recepción de pollo en canal enviados por la planta de sacrificio, los cuales son almacenados temporalmente en cuartos de refrigeración para ser solicitados en pequeñas cantidades de acuerdo a cada orden de producción que se ha definido para la jornada de trabajo.

Conociendo la cantidad y referencia de los pollos a recibir ese día, se procede a hacer la distribución de acuerdo al corte necesario o iniciar la cadena de frío para el caso del pollo entero para dar cumplimiento a las necesidades de los clientes internos y externos. Una vez terminado un corte, se inicia la cadena de frío para su posterior selección, empaque y despacho del producto hacia las bodegas de producto terminando en el menor tiempo posible, con el fin de evitar el rompimiento de la cadena de frío, asegurando al cliente un producto de alta calidad.

Figura 1. Diagrama de flujo para el manejo del pollo en la Planta Beneficio.



1.2. Planteamiento:

Con el objetivo de ser una empresa competitiva en el mercado, cumplir las normas de calidad para la industria alimenticia y satisfacer a los clientes se hace necesario la adecuación de una nueva área de post – proceso con el fin de solucionar ciertas necesidades como:

- Eliminación de los costos de trasteo del producto desde la planta de sacrificio hasta el salón de post – proceso.
- Aumento de la producción para poder cumplir con los pedidos.
- Mejoramiento de la cadena de frío del producto. (Ya que las actuales instalaciones no proveen la temperatura de trabajo adecuada de +/- 10 °C)
- Establecer una nueva línea de flujo del producto.
- Adecuar el espacio de trabajo para poner en funcionamiento la línea de desprese automática, adquirida recientemente por la empresa.

1.3. Formulación:

Las actuales instalaciones del salón de post-proceso presentan ciertas dificultades para el cumplimiento de inventario, preservación de la cadena de frío y manejo de la línea de flujo del producto, lo cual conlleva a una insatisfacción de lo clientes y a una disminución de la eficacia del manejo del producto.

Razones por las cuales se hace necesario el traslado del proceso a una nueva área donde las instalaciones satisfagan las necesidades de

producción, permitan el funcionamiento de la nueva línea de desprese y se conserve la cadena de frío.

Se llevara a cabo la siguiente metodología con el fin de adecuar el área de post - proceso de la mejor manera para cumplir con lo requisitos y necesidades de la producción.

2. RECOLECCION DE NECESIDADES TECNICAS
3. DISTRIBUCION EN PLANTA DE LOS EQUIPOS PARA EL SALON DE POST - PROCESO
4. DISEÑO DE LA RED ELECTRICA.
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION.
6. DISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.
7. DISEÑO DE LA RED DE AGUA.
8. DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Con el desarrollo de esta metodología se obtendrá como objetivo final un salón que cumple con la disponibilidad de servicios tales como agua fría y caliente, aire comprimido, energía e iluminación adecuada, además de tener el espacio suficiente para el correcto funcionamiento de los equipos.

2. RECOLECCION DE NECESIDADES TECNICAS

En este capitulo se recopilaran las necesidades técnicas de los equipos del salón post-proceso las cuales son:

- Requerimientos eléctricos.
- Requerimientos hidráulicos.
- Requerimientos neumáticos.

Esta información es necesaria para iniciar el diseño de la redes de servicio, cierta información será extraída del catalogo del fabricante y de los equipos que no se disponga es necesario tomar los datos del equipo directamente.

2.1. REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS.

Para realizar la toma de los requerimiento eléctricos se utilizo una pinza voltio – amperimetrica, el consumo de amperaje fue tomado durante las horas de producción para tener un valor lo mas exacto posible de los requerimiento eléctricos, el voltaje de cada equipo es tomado de la placa del motor y comprobado en el tablero de control actual.

Tabla 1. Requerimientos eléctricos

EQUIPO	VOLTAJE	AMPERAJE
Banda transportadora inyectora Belam	220V 3 ~	1,8
Inyectora Belam	220V 3 ~	12
Banda central	220V 3 ~	2
Línea de conos	220V 3 ~	4,1
Inyectora Metalquimia	220V 3 ~	15,2

Banda salida inyectora metalquimia	220V 3 ~	2,2
Banda de alistamiento	220V 3 ~	2
Despresadora manual	220V 3 ~	2,5
Despresadora automática	220V 3 ~	13,6
Molino Prince	220V 3 ~	10
Banda Sepamatic	220V 3 ~	2
Sepamatic	220V 3 ~	10
Empacadora al vacío (Komet)	220V 3 ~	12
Banda de empaque	220V 3 ~	2,1
Maquina embandejadora (Ulma)	220V 3 ~	25,5
Selladoras manuales de bandeja.	110V 1 ~	2
Compresor de aire Ingersond Rand	220V 3 ~	55

2.2. REQUERIMIENTOS HIDRÁULICOS.

Gran parte del consumo de agua del salón es debido a un modulo de limpieza que trae la nueva despresadora automática, los otros consumos no son tan significativos pero igualmente han de ser considerados. Los datos tanto de la lavadora de ganchos como de los lavamanos han sido extraídos de los manuales del fabricante.

Tabla 2. Requerimientos hidráulicos

EQUIPO	CAUDAL (GPM)	PRESION (PSI)
Lavadora de ganchos (Forma parte de la despresadora automática)	30.38	60
Lavamanos	7.5	14,7
Puntos de agua para limpieza de equipos	15	50

2.3. REQUERIMIENTOS NEUMÁTICOS.

Al no poseer un instrumento de medición de caudal de aire comprimido, los datos del consumo del consumo neumático fueron tomados directamente del catalogo del fabricante de los equipos, y para algunos que no se posee el catalogo se realizo el contacto con el proveedor.

Tabla 3. Requerimientos neumáticos

EQUIPO	CAUDAL (CFM)	PRESION (Bar)
Inyectora Metalquimia	11.7	5 – 6
Inyectora Belam	9.5	5 – 6
Seleccionadora de presa	0,2	5 – 6
Desprensadora automática (Cilindros elevar módulos de corte)	2	5 – 6
Clipeadora (Grapadora de ganchos)	1	5 – 6
Empacadora de bandeja	0.353	5 – 6

Una vez se ha recolectado todas las especificaciones técnicas de los equipos se procederá con la distribución en planta de los equipos y los diseños de las redes.

3. DISTRIBUCION EN PLANTA DE LOS EQUIPOS PARA EL SALON DE POST – PROCESO

Este capitulo tiene como objetivo presentar una alternativa para la distribución en planta de los equipos para el salón, esta distribución debe cumplir con la línea de flujo del producto, es necesario conocer la ubicación de los equipos ya que esto determinara el diseño de las redes de servicio.

El desarrollo de este capitulo se realizara de la siguiente manera:

- Principios de la distribución en planta
- Tipos de distribución en planta
- Equipos necesarios para el salón de post-proceso
- Instalaciones actuales del salón.
- Propuesta de la distribución en planta para el nuevo salón de post – proceso.

3.1. PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una distribución en planta adecuada debe cumplir con los siguientes principios:

- Principio de la integración de conjunto: La mejor distribución esa la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes

- Principio de la mínima distancia recorrida: A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer entre operaciones sea la mas corta.
- Principio de la circulación o flujo de materiales: En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso este en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.
- Principio del espacio cúbico: La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
- Principio de la satisfacción y de la seguridad: A igualdad de condiciones será siempre más efectiva, la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
- Principio de la flexibilidad: A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

3.2. TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Aunque pueden existir otros criterios, es evidente que la forma de organización del proceso productivo, resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta.

Los tipos de distribución en planta pueden clasificar en:

- Distribución por posición fija.
- Distribución por proceso.
- Distribución por producto.

3.2.1. Distribución por posición fija.

El material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él.

A.- *Proceso de trabajo*: Todos los puestos de trabajo se instalan con carácter provisional y junto al elemento principal ó conjunto que se fabrica o monta.

B.- *Material en curso de fabricación*: El material se lleva al lugar de montaje ó fabricación.

C.- *Versatilidad*: Tienen amplia versatilidad, se adaptan con facilidad a cualquier variación.

D.- *Continuidad de funcionamiento*: No son estables ni los tiempos concedidos ni las cargas de trabajo. Pueden influir incluso las condiciones climatológicas.

E.- *Incentivo*: Depende del trabajo individual del trabajador.

F.- *Calificación de la mano de obra*: Los equipos suelen ser muy convencionales, incluso aunque se emplee una máquina en concreto no suele ser muy especializada, por lo que no ha de ser muy cualificada.

Ejemplo: Montajes de calderas, en edificios, barcos. torres de tendido eléctrico y en general, montajes a pie de obra.

Ventajas de distribución por posición fija:

- Se logra una mejor utilización de la maquinaria
- Se adapta a gran variedad de productos
- Se adapta fácilmente a una demanda intermitente

- Presenta un mejor incentivo al trabajador
- Se mantiene más fácil la continuidad en la producción

3.2.2. Distribución por proceso.

Las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector.

A.- *Proceso de trabajo*: Los puestos de trabajo se sitúan por funciones homónimas. En algunas secciones los puestos de trabajo son iguales. y en otras, tienen alguna característica diferentes , cómo potencia, r.p.m.,...

B.- *Material en curso de fabricación*: El material se desplaza entre puestos diferentes dentro de una misma sección. ó desde una sección a la siguiente que le corresponda. Pero el itinerario nunca es fijo.

C. *Versatilidad*: Es muy versátil siendo posible fabricar en ella cualquier elemento con las limitaciones inherentes a la propia instalación. Es la distribución más adecuada para la fabricación intermitente ó bajo pedido, facilitándose la programación de los puestos de trabajo al máximo de carga posible.

D.- *Continuidad de funcionamiento*: Cada fase de trabajo se programa para el puesto más adecuado. Una avería producida en un puesto no incide en el funcionamiento de los restantes, por lo que no se causan retrasos acusados en la fabricación.

E.- *Incentivo*: El incentivo logrado por cada operario es únicamente función de su rendimiento personal.

F.- *Calificación de la mano de obra.*: Al ser nulos, ó casi nulos, el automatismo y la repetición de actividades. Se requiere mano de obra muy cualificada.

Ejemplo: Taller de fabricación mecánica, en el que se agrupan por secciones: tornos, mandrinadoras, fresadoras, taladradoras....

Ventajas de distribución por proceso:

- Reduce el manejo del material
- Disminuye la cantidad del material en proceso
- Se da un uso más efectivo de la mano de obra
- Existe mayor facilidad de control
- Reduce la congestión y el área de suelo ocupado.

3.2.3. Distribución por producto.

El material se desplaza de una operación a la siguiente sin solución de continuidad. (Líneas de producción, producción en cadena).

A.-Proceso de trabajo: Los puestos de trabajo se ubican según el orden implícitamente establecido en el diagrama analítico de proceso. Con esta distribución se consigue mejorar el aprovechamiento de la superficie requerida para la instalación.

B.-Material en curso de fabricación: EL material en curso de fabricación se desplaza de un puesto a otro, lo que conlleva la mínima cantidad del mismo (no necesidad de componentes en stock) menor manipulación y recorrido en transportes, a la vez que admite un mayor grado de automatización en la maquinaria.

C.-Versatilidad: No permite la adaptación inmediata a otra fabricación distinta para la que fue proyectada.

D.-Continuidad de funcionamiento: El principal problema puede que sea lograr un equilibrio ó continuidad de funcionamiento. Para ello se requiere que sea igual el tiempo de la actividad de cada puesto, de no ser así, deberá disponerse para las actividades que lo requieran de varios puestos de trabajo iguales. Cualquier avería producida en la instalación ocasiona la parada total de la misma, a menos que se duplique la maquinaria. Cuando se fabrican

elementos aislados sin automatización la anomalía solamente repercute en los puestos siguientes del proceso.

E.-Incentivo: El incentivo obtenido por cada uno de los operarios es función del logrado por el conjunto, ya que el trabajo está relacionado ó íntimamente ligado.

F.-Calificación de mano de obra: La distribución en línea requiere maquinaria de elevado costo por tenderse hacia la automatización por esto, la mano de obra no requiere una calificación profesional alta.

G Tiempo unitarios: Se obtienen menores tiempos unitarios de fabricación que en las restantes distribuciones.

Ejemplo: instalación para decapar chapa de acero.

Ventajas de la distribución por producto:

- Manejo de materiales reducido.
- Escasa existencia de trabajos en curso.
- Mínimos tiempos de fabricación.
- Simplificación de sistemas de planificación y control de la producción.
- Simplificación de tareas.

Para nuestro caso el mejor tipo de distribución que se adapta y cumple con los requisitos del proceso es una distribución orientada al producto lo que implica que la producción este bien definida y de forma continua.

Con este tipo de distribución se busca colocar cada operación tan cerca como sea posible de la anterior, llevando una secuencia entre cada una de ellas, el producto recorre la línea de producción a medida que se realizan las operaciones necesarias.

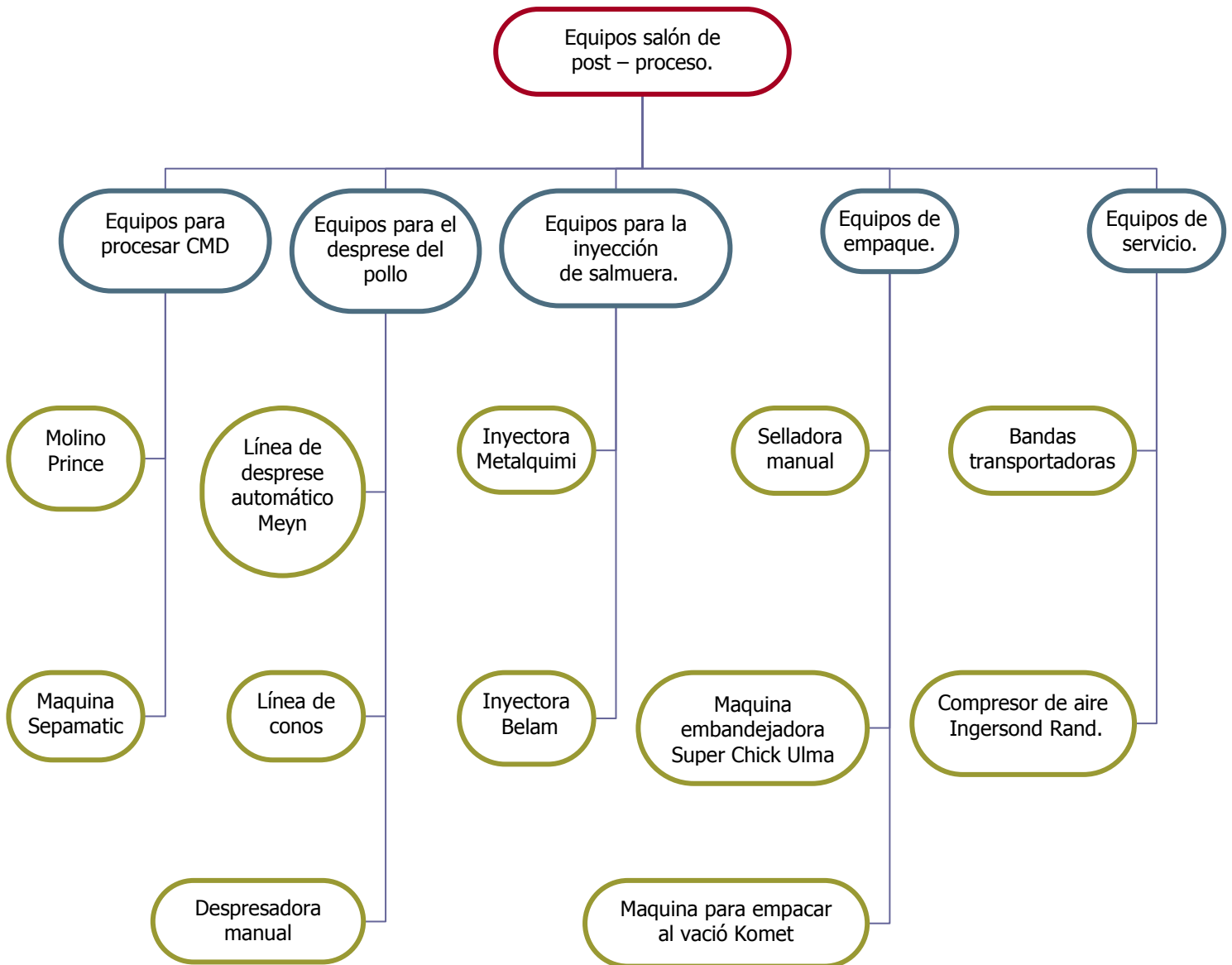
Para este tipo de distribución se debe evitar realizar cambios posteriores ya que el proceso es poco flexible.

También debe considerarse la rotación de los empleados puesto que están sujetos a la realización de trabajos muy monótonos lo que disminuye los niveles de producción.

3.3. EQUIPOS NECESARIOS PARA EL SALON DE POST-PROCESO

El salón de post proceso cuenta con los siguientes equipos para la producción y el empaque los cuales se clasifican como muestra a continuación:

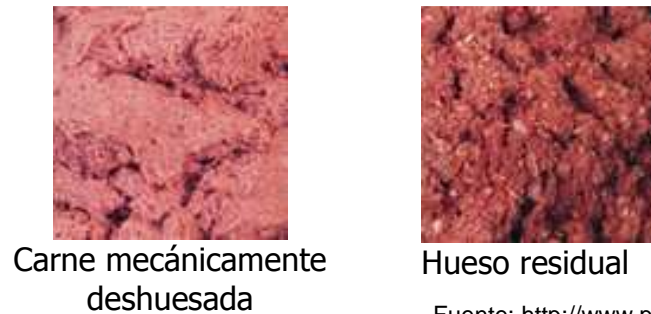
Figura 2. Clasificación de los equipos del salón de post-proceso.



3.3.1. Equipos para procesar CMD (carne mecánicamente deshuesada)

Después de retirar la carne de cada pieza, todavía se puede sacar ganancia de los huesos que quedan (huesos de pechuga de pollo, cuello con o sin piel, espalda, piernas y caderas), los huesos residuales son entonces introducidos al molino que los reduce a pequeños pedazos que luego pasan a la maquina deshuesadora mecánica, la cual separa la carne del hueso empujándola a través de una malla cilíndrica. El tamaño de de los orificios de la malla determina la textura y el uso posterior de la Carne Mecánicamente Deshuesada (CMD).

Figura 1. Imagen de CMD y hueso residual



Fuente: <http://www.princeindustriesinc.com/>

Los productos resultado del proceso de deshuese mecánico son el CMD y el hueso residual. El primero es de buen precio en el mercado mundial como materia prima para embutidos en general, nuggets, hamburguesas, carne molida, etc. El hueso residual también se puede mercadear como base para sopas, comida para animales y suplemente de calcio entre otros.

Figura 2. Molino Prince.



Fuente: <http://www.princeindustriesinc.com/models/8grindersp.asp>

Tabla 4. Especificaciones técnicas Molino Prince.

MARCA	PRINCE
Modelo	Modelo 8
Especificaciones eléctricas	15 Hp
Dimensiones	185cm x 170cm x 110cm (ancho, largo, alto)
Capacidad por hora	Hasta 20,000 lbs o 9,100+ kgs.
Características	<p>El Molino para carne y hueso Prince modelo 8 es 100 % garantizado. Debido al corte que hace sin calentar casi el producto, esta máquina de acero inoxidable provee una calidad superior.</p> <p>El Molino Prince tiene la característica de ser fuerte y de fácil limpieza. Está dotado de porta cuchillas con resorte e insertos de cuchilla auto ajustables, tornillo de alimentación diseñado para carne fresca y semi congelada, plato de corte reversible y buje de centrado recambiable.</p> <p>Otra ventaja de este Molino es la eliminación de rotura del pin de centrado ya que el porta cuchillas rota con las paredes de la rosca del tornillo de alimentación.</p>

Figura 3. Separadora Sepamatic



Tabla 5. Especificaciones técnicas separadora Sepamatic

MARCA	SEPAMATIC
Modelo	100
Especificaciones eléctricas	8 Hp
Dimensiones	150cm x 220cm x 150cm (ancho, largo, alto)
Capacidad por hora	Hasta 2500 Kg
Peso	1200 Kg
Características	Este equipo es el encargado de hacer la separación de la carne molida que le entrega en molino, mediante el uso de una banda obliga a la pasta a pasar a través de un tambor perforado obteniéndose la cmd y el hueso residual.

3.3.2. Equipos para el desprese del pollo

El proceso de desprese consiste el separar todas las partes del pollo en entre las que se encuentra: la pechuga, las alas, los perniles y la rabadilla (parte trasera del pollo), lo cual se puede realizar de dos maneras, mediante la línea de desprese automático o realizando un proceso manual el cual consiste en fijar el pollo en la línea de conos y mediante cuchillos y despresadoras manuales retirar las partes del pollo.

- Línea de desprese automático Myen:

Sistema de corte y desprese Myen esta formado por una cadena transportadora la cual va llevando el pollo a lo largo de una línea de módulos de desprese, los cuales son:

- Corte de alas
- Corte de ala mixta
- Corte de pechuga
- Corte de costillar
- Pernil completo
- Pernil mixto
- Pernil solo
- Lavadora de ganchos

Después que la cadena ha llevado el pollo por cada uno de los módulos para su respectivo corte, se ha necesaria la limpieza de la cadena para lo cual se utiliza la lavadora de ganchos, este proceso de limpieza se realiza una vez se halla finalizado el proceso, en el Anexo A se puede observarse el plano del equipo con la distribución de los módulos de corte.

- Línea de conos:

Esta banda transportadora con conos distribuidos a lo largo de la cinta es una manera eficiente de realizar el desprese del pollo, ya que este es incrustado dentro del cono y a medida que es transportado se va realizando los diferentes cortes, lo que permite que el operario este quieto y ejercitando un único corte.

Figura 4. Línea de conos



Fuente: <http://www.cantrell.com/PDF/SpanishPDF/CDLineRetrosp.PDF>

Tabla 6. Especificaciones técnicas línea de conos.

MARCA	CANTRELL
Modelo	HBC – 110R
Especificaciones eléctricas	2 Hp @ 220 V
Dimensiones	30 x 1000 x 150 cm (ancho, largo, alto)
Características	El Sistema es una manera innovadora y efectiva en costo para modernizar su sistema de conos para deshuese, sin tener que reemplazarlo. Su sistema actual, ya instalado puede ser sencillamente convertido en solo unas cuantas horas, utilizando el marco original. Esta conversión proporciona un sistema el cual no es necesario desarmar antes de limpiar. El resultado es un proceso total de higienización mas efectivo en costo, virtualmente extendiendo la vida de la cadena.

- **DESPRESADORA MANUAL**

Estas despresadoras manuales son ubicadas a lo largo de la línea de conos para realizar los cortes, también son ubicadas en mesas de desprese para realizar algunos pedidos especiales.

Figura 5. Despresadora manual.



Fuente: <http://www.javar.com.co/categoria1.php?cat=1>

Tabla 7. Especificaciones técnicas despresadora manual.

MARCA	ITA
Construcción	Acero inoxidable
Motor	½ HP /0.37 kw 110/220 v
Peso	23 kg /51 lb
Dimensiones	51 x 45 x 47 cm (ancho, largo, alto)
Características	La base, los soportes y la flecha, están hechos de acero inoxidable y la cubierta de la cuchilla es de aluminio abrillantado, dando como resultado, facilidad de limpieza, higiene y una excelente presentación. -Cuchilla fabricada en acero al cromo duro, cuenta con un excelente filo, es de larga vida y facilita la rapidez de operación requiriendo un mínimo de esfuerzo del operador para realizar los cortes.

3.3.3. Equipos de inyección de salmuera:

El proceso de marinado en la carne tiene como objetivo conseguir mejores y diferentes sabores, incrementar la ternura de los músculos más duros, y aumentar la conservación del producto por efecto de la sal.

Para realizar este proceso de marinado existes tres métodos:

inmersión, inyección y masaje. La inmersión es el método más antiguo y consiste en sumergir la carne en el marinado, dejando que los ingredientes penetren en la carne por difusión con el paso del tiempo. El marinado por inyección es el método más ampliamente utilizado porque permite dosificar una cantidad exacta de salmuera, garantizando una regularidad en el producto y sin las perdidas de tiempo que implica la inmersión, pero depende en gran parte de las características del equipo de inyección.

Figura 6. Inyectora Metalquimia.



Fuente: http://www.metalquimia.com/home_esp.htm

Tabla 8. Especificaciones técnicas inyectora Metalquimia

MARCA	METALQUIMIA
Modelo	AUVISTICK 260
Especificaciones eléctricas	12 Kw @ 220 v
Especificaciones neumáticas	20 m3/h
Dimensiones	200 x 330 x 190 cm (ancho, largo, alto)
Características	Posee un diseño de inyección tipo spray que permite que ya inyección sea mas uniforme dentro del producto

- MAQUINA INYECTORA BELAM

Tabla 9. Especificaciones técnicas inyectora Belam

MARCA	WOLFKING BELAM
Modelo	MI – 450 USD
Especificaciones eléctricas	9 Kw @ 220 v
Especificaciones neumáticas	16 m3/h
Dimensiones	165 x 229 x 145 cm (ancho, largo, alto)
Características	La carne se introduce en la maquina manual o automáticamente el sistema de transporte lleva la carne hasta debajo del cabezal de agujas, donde es inyectada. Después de la inyección la carne es transportada al lado de la descarga, donde es recogida para continuar con la elaboración.

3.3.4. Equipos de empaque:

El proceso de empaque en bandeja puede ser automático utilizando el equipo ULMA o un proceso manual utilizando las selladoras manuales.

Figura 7. Selladora manual.

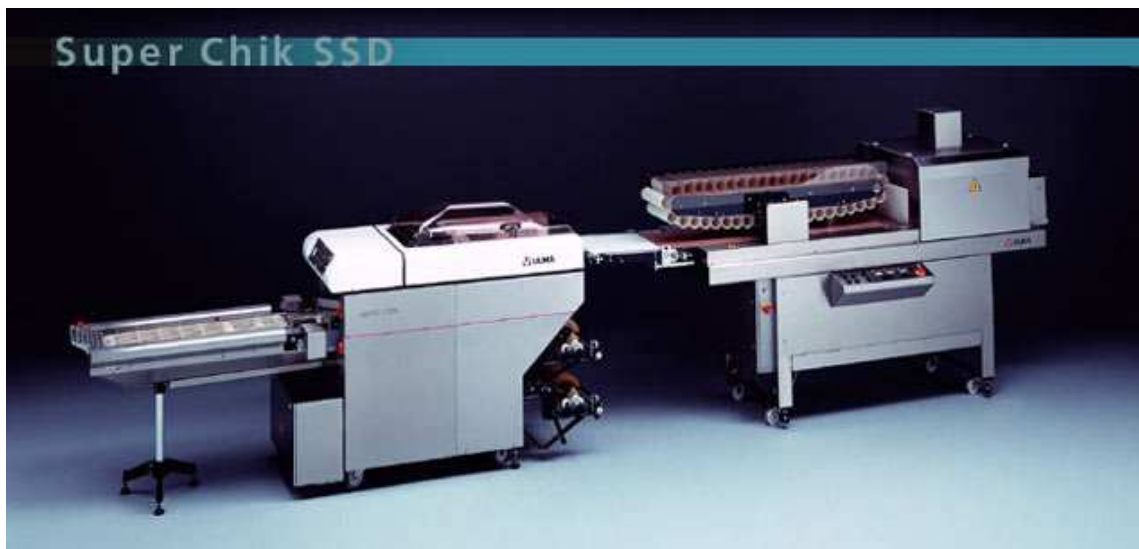


Fuente: <http://www.javar.com.co/productos.php?param1=19&&cat=1>

Tabla 10. Especificaciones técnicas selladora manual.

MARCA	JAVAR
Modelo	EB – 450
Especificaciones eléctricas	Potencia de 222 watts @ 110v
Ancho del rollo	Vinipel de 45 cm
Dimensiones	30 x 50 x 20 cm (ancho, largo, alto)
Características	Cuchilla térmica de corte Resistencia de sellado de las bandejas

Figura 8. Maquina embandejadora Super Chick ULMA



Línea automática para envasado de productos perecederos en bandeja, especialmente diseñada para centrales de envasado (Avícola, Cárnica, Pescado, etc). La instalación se compone de una envasadora mod. SUPER CHIK - 42 SS y una unidad de sellado con retractilado por aire mod. SEALER COOLER.

Tabla 11. Especificaciones técnicas embandejadora Super Chick ULMA

CARACTERÍSTICAS		Super Chik SSD
Velocidad		Hasta 42 envueltas por minuto
Dimensiones de bandejas	Longitud	130 - 375 mm.
	Anchura	100 - 260 mm.
	Altura	10 - 180 mm.
Material de envuelta		Film Extensible, retráctil (SSD), etc.
Anchura de bobina		350 mm. (14") - 600 mm. (24")
Agua	4 Bar	50 lts / h.
Aire	6 Bar	10 lts / min.
Voltaje		220 / 380 V. Trifásico 50 / 60 Hz.
Potencia eléctrica		22 kW
Peso		1.100 kg.

Fuente: <http://www.ulmapackaging.com/bin/catalogo/detalle.asp?param=6&lugar=2&nregs=6>

- **Figura 9. Maquina para empacar al vacío komet**



Fuente: http://www.citalsa.com/pdf/empacadora_vacio_sd320.pdf

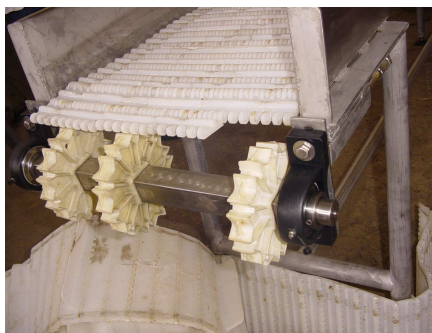
Tabla 12. Especificaciones técnicas Empacadora Vacío.

MARCA	KOMET
Referencia	SD 320
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	Posee bomba de 63/100 CBM/ H , con 4 barras desellado. Ciclo de 35 segundos
Función	Equipo diseñado para empacar al vacío. Posee un vacuometro y tarjeta digital para control de tiempo de vacío y tiempo de sellado. Manejo de porcentaje de inyección de gas para atmósfera modificada (MAP) (O, CO2, N) Útil para empacar al vacío diferentes productos alimenticios tales como: carnes, verduras, frutas, pescado, lácteos, etc. entre otros productos de línea farmacéutica y demás sólidos
Peso	300 Kg
Especificaciones eléctricas	220 voltios, trifásico, 0.75 Kw
Dimensiones	Cámara: 570 x 720 x 200 Exteriores : 1290 x 990 x 1100 mm

3.3.5. Equipos de servicio:

- BANDA DE SELECCIÓN, BANDA DE EMPAQUE, BANDA CENTRAL.

Figura 10. Banda de selección



Son bandas transportadoras que se encargan de transportar el producto de un proceso de trabajo a otro, estas bandas pueden ser de lona o de tableta. Las dimensiones y características de estas bandas dependen de su aplicación.

- COMPRESOR DE AIRE INGERSON RAND

Tabla 13. Especificaciones técnicas Compresor de aire.

MARCA	INGERSOLL RAND
Modelo	UP620 – 125
Especificaciones eléctricas	20 Hp @ 220 v
Condiciones de trabajo	125 psig – 83 cfm
Dimensiones	132 x 80 x 105 cm (ancho, largo, alto)
Características	Enfriamiento por aire, con sistema de lubricación de aceite por presión.

3.4. INSTALACIONES ACTUALES DEL SALÓN.

El actual salón de proceso tiene una área de 270 m², la cual no es suficiente para el nuevo equipo de desprese que la empresa a adquirido, las instalaciones (Figura 3 - 6) se encuentran un poco deterioradas y se hace necesario realizar una recuperación de la infraestructura.

Figura 3. Techo del salón de post-proceso



El techo conformado por panel de poliuretano se encuentra en un estado aceptable.

Figura 4. Estado de algunas de las paredes del salón.



Figura 5. Estado del piso del salón.



Aunque el piso del salón no tiene un acabado en tableta, este aun se encuentra en condiciones aceptables.

Figura 6. Instalaciones eléctricas e hidráulicas sobre el techo.



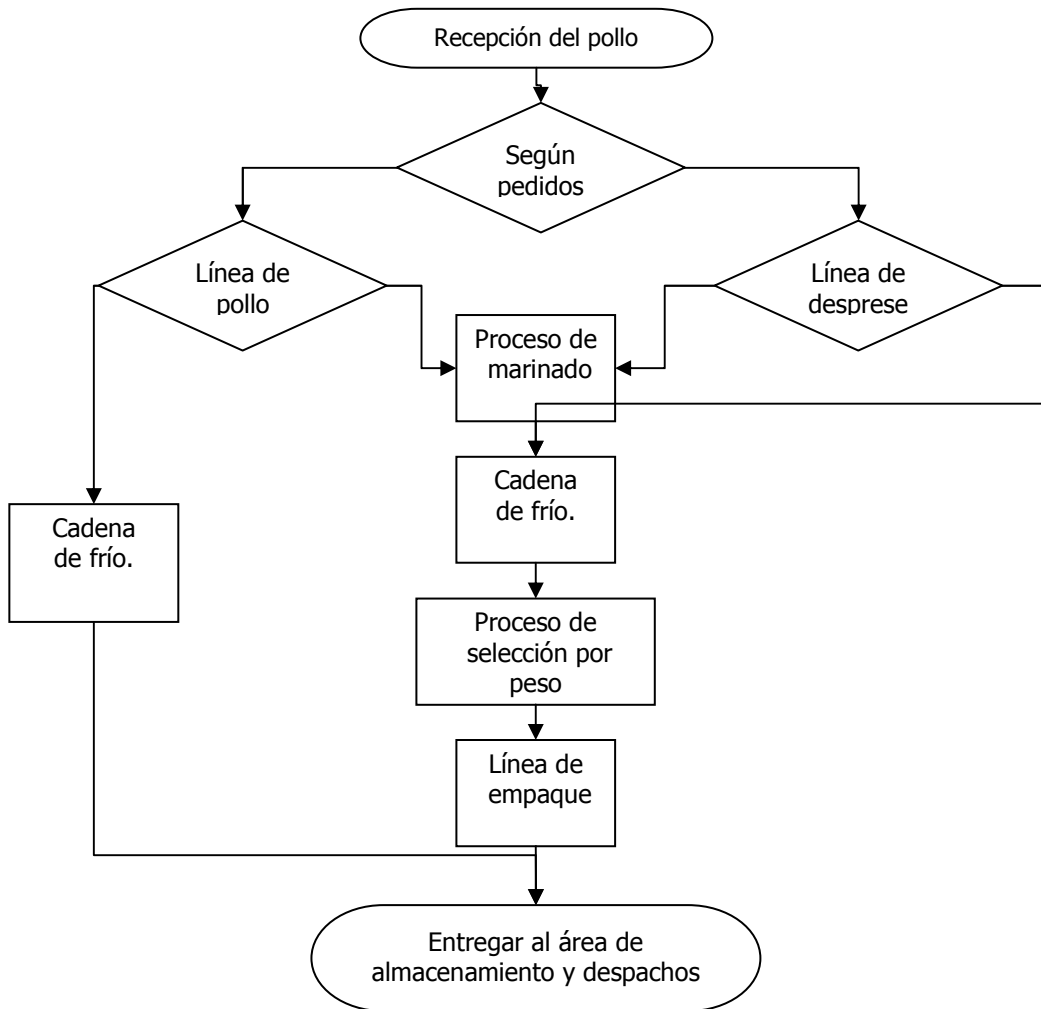
En el Anexo A se encuentra la distribución en planta de los equipos, en el y la línea de desprese, en ellos se puede observa que se hace necesario la

reubicación del salón ya que el actual no cumple con el espacio necesario para el funcionamiento del equipo.

3.5. PROPUESTA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL NUEVO SALÓN DE POST – PROCESO.

La siguiente propuesta busca satisfacer las necesidades planteadas anteriormente, para esta propuesta se cuenta con un área aproximada de 620 m². En la Figura 7 se presenta el diagrama de flujo del producto en base al cual se realizara la distribución en planta.

Figura 7. Diagrama de flujo para el manejo del producto en el salón de post - proceso.



El proceso para el salón de post-proceso inicia con la recepción de pollo por parte del área de beneficio, esta entrega el pollo sin cabeza, sin patas, sin pluma y sin vísceras, a una temperatura de 2 °C, y es seleccionado a 8 rangos diferentes de pesos dependiendo de los pedidos. En este punto el producto puede tomar dos rutas puede ir a la línea de pollo entero en la cual una parte del pollo es marinado y la otra no, después todo el pollo entero entra al túnel de golpe de frío o túnel de congelación, la otra parte va para la línea de desprese automático para realizar los respectivos cortes. Una vez se obtiene las presas del producto algunas son marinadas y otras no pero todas

pasan por el túnel de frío, para luego pasar a la línea de empaque. Finalmente todo el producto empacado y pesado es entregado al centro de despacho (CEDI) para su posterior distribución.

El salón de post – proceso tiene tres áreas de proceso fundamentales las cuales son:

- área de desprese.
- área de pesaje
- área de empaque.

El área de desprese esta constituida por la línea de desprese automático, la línea de conos, las despresadoras manuales, estos equipos se encargan de dividir el pollo en las partes correspondientes, para luego según el pedido realizar o no el proceso de marinado.

El área de pesaje consta de basculas de piso ubicadas en la entrada y salida de los túneles de frío para llevar un seguimiento de la disminución del peso del pollo entero, para el caso de las presas estas son pesadas en basculas graneras y organizadas en bandejas para iniciar el proceso de empaque el cual consta de una embandejadora automática y selladoras manuales.

En el plano 3 se puede observar la nueva distribución en planta de los equipos para el salón de post – proceso, la nueva distribución mantendrá parte de la estructura anterior ya que aun se seguirán produciendo los mismos cortes con las misma maquinas (línea de conos) pero en menor volumen y para cumplir con pedidos menores, gran parte de la producción del salón se hará en la despresadora automática. Se destino un salón aparte del salón de producción para el área de empaque ya que los nuevos volúmenes de producto así lo ameritan.

Esta nueva distribución en plata contempla 2 basculas de piso las cuales permiten realizar un rastreo del producto a lo largo del proceso, también sirve de control para determinar el buen manejo del producto.

Además se cuenta con el almacén de empaque el cual se encuentra dentro del salón de empaque, la ubicación de este almacén agiliza el proceso ya que permite tener disponible el material que se va a utilizar.

Finalmente la oficina de producción se encuentra ubicada en medio de los dos salones lo cual facilita el control del proceso, asimismo dentro de esta oficina se encuentra el tablero principal de la despresadora automática lo que permite llevar el control de proceso por parte de los jefes, además de proporcionarle el cuidado adecuado a este tablero de control.

La distribución de áreas para la nueva propuesta esta contemplada de la siguiente manera:

Tabla 14. Distribución de áreas para el salón de proceso.

Antiguo salón		Nuevo salón	
Área de trabajo	Superficie (m ²)	Área de trabajo	Superficie (m ²)
Producción y empaque.	280	Producción	340
Oficina y almacén.	40	Empaque	170
		Oficina	25
		almacén	18
TOTAL	320	TOTAL	553

4. DISEÑO DE REDES DE SERVICIO.

Una vez se han recolectado las necesidades técnicas de los equipos (requerimientos eléctricos, neumáticos, hidráulicos y de iluminación) y con la distribución en planta ya definida se procede a realizar el diseño de las redes de servicio.

4.1. DISEÑO DE LA RED ELECTRICA.

Para realizar el diseño de la red eléctrica se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipos de distribución.
- Redes de distribución.
- Tableros
- Dimensionamiento y canalización de conductores.
- Dispositivos de maniobra y protección.

Estos aspectos serán explicados y definidos a continuación obteniéndose como resultado el diseño de la red eléctrica que satisface las necesidades actuales y futuras del salón

Se entiende por sistema de distribución o red energía eléctrica a la disposición adoptada por los conductores y receptores, para lograr que la energía generada en las centrales energéticas pueda ser utilizada en los lugares de consumo.

Un diseño adecuado debe garantizar un óptimo voltaje a cada equipos tanto al momento en que se instala la red como después de varios años, en base a la siguiente información y conociendo los requisitos para el diseño de esta red los cuales son sistema de red trifásica a 220 V y un consumo total

aproximado de 300 amp, se hará el diseño de la misma seleccionando el calibre de cable adecuado, los elementos de maniobra y protección correspondientes a cada equipo, se armara el tablero de potencia y control, finalmente se analizara la canalización de los conductores

4.1.1 Tipos de distribución:

Fundamentalmente, una distribución puede realizarse de dos maneras: en serie o en derivación.

4.1.1.1 Distribución serie

La distribución serie o a intensidad constante, consiste en conectar todos los receptores uno a continuación del otro, de manera que la intensidad que pasa por uno de ellos, lo hace también a través de todos los demás.

Este sistema de distribución tiene la ventaja de utilizar un conductor de sección única, ya que la intensidad es la misma a lo largo de todo el circuito. El principal inconveniente lo tenemos en la dependencia que existe entre los receptores, ya que si uno cualquiera de ellos se interrumpiera, los demás quedarían también fuera de servicio.

Otro inconveniente del sistema de distribución serie, es el de tener que utilizar receptores cuya tensión de alimentación es variable con la potencia consumida, de manera que los receptores de gran potencia tendrán entre sus extremos tensiones muy elevadas.

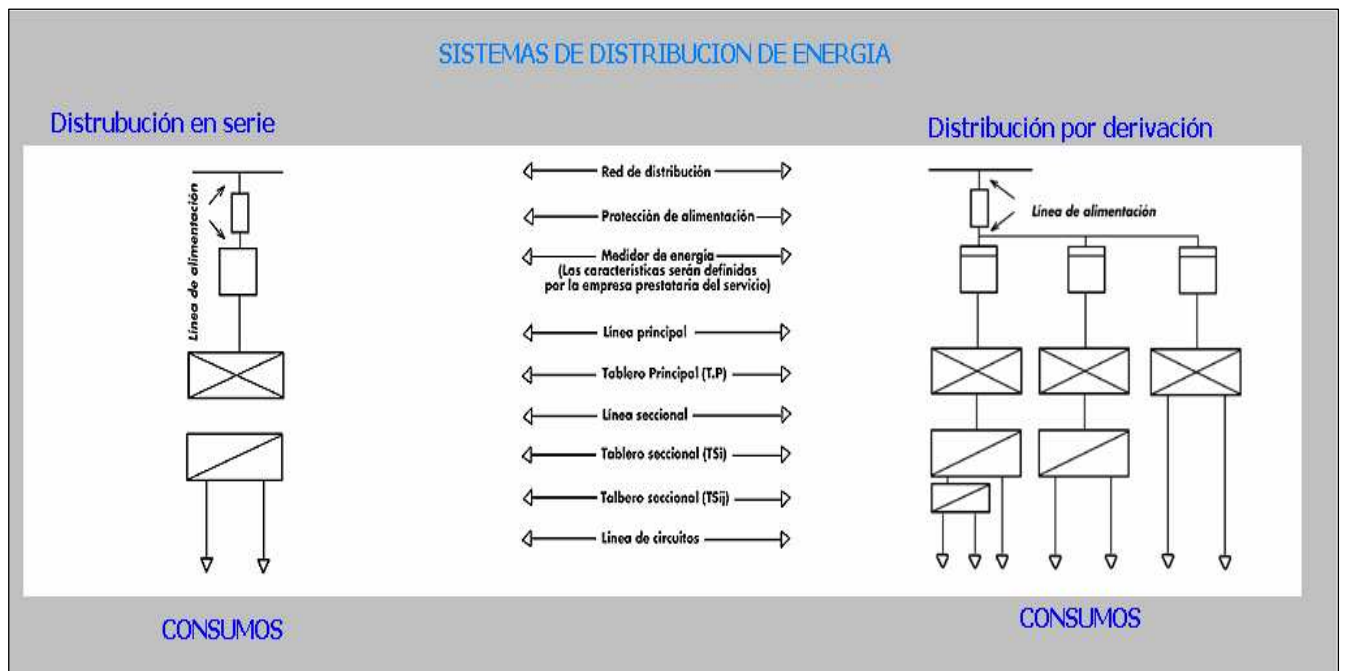
Por los motivos expuestos, la distribución serie solamente se utiliza en algunos casos muy concretos, como pueden ser la alimentación de lámparas de incandescencia en tranvías y trolebuses, en plantas anodizadoras y en baños electrolíticos.

4.1.1.2 Distribución en derivación

Como ya es sabido, la distribución en derivación o a tensión constante, consiste en ir conectando en paralelo los distintos receptores a lo largo de una línea de dos o más conductores.

El principal inconveniente de una distribución en derivación es la enorme dificultad que se encuentra ante el deseo de mantener constante la tensión de alimentación, a lo largo del circuito. No obstante, esta distribución es la que se utiliza en la casi totalidad de los casos, minimizando el inconveniente de la caída de tensión, a base de colocar conductores lo más gruesos posible, tanto como lo permita la economía.

Figura 11. Tipos de distribuciones eléctricas.



Se implementara una distribución en derivación ya que esta permite la conexión de tableros de control seccionales del, los cuales serán utilizados para ejercer el control de los equipos dentro del salón, con lo que se evitara

fallas a futuro en los elementos de control y protección, debido a la humedad del ambiente y las sustancias empleadas para la limpieza que ocasionan corrosión en los contactos.

4.1.2 Redes de distribución

Las redes de distribución están formadas por conductores que, procedentes de la subestación eléctrica, tienen la finalidad de ir alimentando las distintas acometidas que van encontrando a su paso.

Se denomina acometida a la parte de instalación comprendida entre la red de distribución y la caja general de protección, o para este caso al tablero de control.

La finalidad de las redes de distribución es suministrar potencia eléctrica a cada uno de los equipos, la cual debe reunir ciertos requisitos en lo que a caída de tensión se refiere, ya que ésta deberá estar comprendida dentro de los límites establecidos del $\pm 5\%$; es decir, que si la tensión nominal contratada es de 220V., los límites de variación máximos admitidos serán:

$$220 + 5\% = 231 \text{ V} \quad \text{y} \quad 220 - 5\% = 209 \text{ V}$$

Para este diseño la red de distribución será tomada de un tablero de potencia antiguo que esta fuera de servicio y el cual esta conectado al subestación de la empresa.

4.1.3 Tableros

Los tableros están constituidos por cajas o gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes.

De acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las siguientes designaciones:

4.1.3.1 Tablero principal:

Es aquél al que acomete la línea principal y del cual se derivan las líneas seccionales o de circuitos.

El tablero principal, se instalará en lugar seco, ambiente normal, de fácil acceso y alejado de otras instalaciones, tales como las de agua, gas, teléfono, etc. Delante de la superficie frontal del tablero habrá un espacio libre para facilitar la realización de trabajos y operaciones.

Para el caso en que los tableros necesiten acceso posterior deberá dejarse detrás del mismo un espacio libre de 1m. Los tableros deberán estar adecuadamente iluminados en forma que se puedan operar los interruptores y efectuar las lecturas de los instrumentos con facilidad.

El local donde se instale el tablero principal no podrá ser usado para el almacenamiento de ningún tipo de combustible ni de material de fácil inflamabilidad. La circulación frente al tablero no deberá ser obstaculizada en una distancia inferior a 1 m, siendo la relación mínima entre ancho y largo del local, no inferior a 0,2; no existirán desniveles en su piso y su altura mínima será de 2,8 m. El nivel de iluminación mínimo en el local en que se ubique el tablero será de 100 lux (Promedio).

La puerta del tablero deberá poseer la identificación "Tablero Eléctrico Principal" y estará construido con material de una resistencia al fuego.

4.1.3.2 Tablero seccional:

Es aquél al que acomete la línea seccional y del cual se derivan otras líneas seccionales o de circuito.

Los tableros seccionales deberán estar instalados en lugares de fácil localización dentro de la unidad habitacional o comercial con buen nivel de

iluminación y a una altura adecuada que facilite el accionamiento de los elementos de maniobra y protección, no debiendo interponerse obstáculos que dificulten su acceso.

El tablero principal y los seccionales pueden estar separados o integrados en una misma ubicación.

Para este diseño se empleara un tablero principal de doble fondo, con pintura al horno de doble puerta y de acceso frontal cuyas medidas son 2m x 1m x 0,5m.

Figura 8. Tablero seccional con barraje de distribución para las sub acometidas.



También se emplearan tableros seccionales para ejercer control de equipos tales como despresadoras manuales y bandas transportadoras dentro del salón. Estos tableros son de acero inoxidable ya que se encuentran ubicados dentro de áreas de producción y cuyas dimensiones son 50cm x 60cm x 20cm.

4.1.4 Dimensionamiento y canalización de los conductores.

La función de los cables es conducir la energía eléctrica de un punto a otro para poder aprovecharla, realizar la unión metálica de conexión eléctrica

entre los puntos de alimentación y las cargas, y para esto deben cumplir condiciones de óptima conducción, y óptimo aislamiento.

En rigor se pueden hacer conducciones con líneas desnudas utilizando el aire como aislante, pero las modernas exigencias de seguridad de las personas y las cosas han conducido al abandono de esta técnica en las instalaciones de baja tensión y de media tensión de aplicación y uso civil.

Solo las líneas aéreas de media y alta tensión, y sus instalaciones asociadas se hacen hoy con conductores desnudos, respetando estrictas reglas de arte.

Así es que los cables que encontramos en las instalaciones eléctricas de baja y media tensión pueden ser de distintos tipos.

Cables con simple aislamiento, conductor recubierto de una capa aislante de calidad adecuada para resistir la temperatura límite que se presenta en condiciones normales (hoy este material es generalmente un plástico, PVC).

Los cables realizados en esta forma deben ser protegidos de la agresión que el ambiente puede desarrollar sobre el aislamiento, golpes, roces, etc. pueden dañar la integridad del aislamiento y generar situaciones de peligro.

En consecuencia estos cables solo pueden instalarse cuando una canalización los protege. Los cables recorren la instalación en alojamientos (caños, bandejas) cuya función es precisamente protegerlos.

Cuando no es admisible el uso de los conductores simplemente aislados, se utilizan cables asociados y protegidos con una segunda envoltura cuya característica saliente debe ser la resistencia mecánica.

Los cables deben ser capaces de transportar la corriente normal de funcionamiento, y la que se presenta en situaciones de emergencia, si el cable es relativamente corto deberá soportar desde el punto de vista térmico esta corriente.

Por ejemplo imaginemos una instalación alimentada por dos cables, normalmente cada uno transporta el 50% de la carga, en situación de emergencia, un cable fuera de servicio el otro debe ser capaz de transportar el 100%.

Quizás en emergencia sea admisible sobrecargar el cable, el límite de carga del cable está dado por la temperatura que alcanza el material conductor, que puede degradar sus características mecánicas, y en los cables con aislamiento afecta la duración de este, reduciendo su vida útil.

La temperatura del cable depende del ambiente, por lo que su capacidad de sobrecarga está ligada a estas condiciones (temperatura, velocidad del aire, etc.).

Si el cable es relativamente largo, la caída de tensión (diferencia entre las tensiones en sus extremos) asume importancia y puede ser necesario verificar estas condiciones, no olvidemos que la distribución de energía eléctrica se hace a tensión constante.

Por estas razones es muy importante la selección del calibre del cable la cual se hace teniendo en cuenta la corriente que va a pasar por este y la distancia de los puntos a conectar lo cual se ve reflejado en la caída del voltaje (regulación).

La capacidad de corriente de un conductor es la cantidad de amperios que pueden pasar a través del conductor sin sobrepasar la temperatura máxima que pueda soportar el material aislante, la cual puede ser 75 °C ó 90 °C.

La capacidad de corriente depende de:

- a) Calibre y material del conductor.
- b) Tipo de instalación: En ductos o al aire.
- c) Temperatura máxima en el conductor, que depende de la temperatura permitida para el material de aislamiento.

- d) Temperatura ambiente.
- e) Número de conductores por ducto.
- f) Compatibilidad en temperatura con los equipos asociados, sobre todo en los puntos de conexión.
- g) La coordinación con los dispositivos de protección contra sobre corriente del circuito y de la instalación.
- e) El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos generalmente aceptados.

En instalaciones, donde los circuitos son relativamente largos, no basta con seleccionar el calibre y tipo de conductor para satisfacer la demanda de corriente del circuito, sino que será necesario que la regulación de tensión no sea mayor al porcentaje máximo permitido (5 % del voltaje de trabajo).

Para calcular la caída de voltaje es necesario aplicar la siguiente formula:

$$\% \text{ Caída de tensión} = K \times I \times L \times 1,732 \times 100 / (\text{Voltios fase a fase} \times 1000 \text{ m})$$

Donde:

K : Factor tomado de la tabla 5 ¹

I : Carga del circuito, en Amperios

L : Longitud del circuito en metros

La acometida para el molino Prince esta a 60 mts del tablero de distribución, la caída de tensión para esta acometida es de:

$$\% \text{ Caída de tensión} = 5.67 \times 10 \text{ A} \times 60\text{m} \times 1,732 \times 100 / (220 \times 1000 \text{ m})$$

¹ Ver Anexo B Tabla de resistencia y reactancia para cable de 600 V.

K : 5,67 para un conductor # 12, con un factor de potencia 0,85 en ducto de pvc

% Caída de tensión : 2,67 %

Siendo esta la acometida de mayor longitud y entre el consumo de amperaje mas alto, no es necesario aplicar ninguna regulación por voltaje para este diseño.

Tabla 15. Capacidad de corriente según el calibre del conductor

Ref. NTC 2050 Tabla 310-16			
Conductor de cobre	THW	THW-2	THHN
Temperatura en el conductor	75 °C	90 °C	90 °C
CALIBRE	A	A	A
14 AWG	20	25	25
12 AWG	25	30	30
10 AWG	35	40	40
8 AWG	50	55	55
6 AWG	65	75	75
4 AWG	85	95	95
2 AWG	115	130	130
1 AWG	130	150	150
1/0 AWG	150	170	170
2/0 AWG	175	195	195
3/0 AWG	200	225	225
4/0 AWG	230	260	260
250 kcmil	255	290	290
300 kcmil	285	320	320
350 kcmil	310	350	350
400 kcmil	335	380	380
500 kcmil	380	430	430
750 kcmil	475	535	535
1000 kcmil	545	615	615

Tomado de publicación de Procables – Infocables No 2.

En base a la anterior información y con la siguiente tabla se selecciona el calibre de cable adecuado al consumo (amperios) del equipo, para este diseño no se tendrá en cuenta la distancia para la selección del cable ya que no es significativa, además, las acometidas se hará por bandeja destapada lo que disminuye las perdidas por calentamiento del conductor.

Tabla 16. Resumen del proceso de sección.

EQUIPO	VOLTAJE	AMPERAJ E (Amp)	CALIBRE DEL CONDUCTOR
Banda transportadora inyectora Belam	220V 3 ~	1,8	12
Inyectora Belam	220V 3 ~	12	12
Banda central	220V 3 ~	2	12
Línea de conos	220V 3 ~	4,1	12
Inyectora Metalquimia ²	220V 3 ~	15,2	10
Banda salida inyectora metalquimia	220V 3 ~	2,2	12
Banda de alistamiento	220V 3 ~	2	12
Despresadora manual	220V 3 ~	2,5	12
Despresadora automática ³	220V 3 ~	13,6	10
Molino Prince	220V 3 ~	10	10
Banda Sepamatic	220V 3 ~	2	12
Sepamatic	220V 3 ~	10	10
Empacadora al vacío (Komet)	220V 3 ~	12	12

² La inyectora metalquimia posee un tablero independiente el cual se alimenta a 220 V y este a su vez establece el control con el equipo

³ La línea de desprese automático posee un tablero de control automatizado para el manejo de los motores y la velocidad de la línea.

4.1.5 Dispositivos de maniobra y protección.

En la operación de la red eléctrica aparece la necesidad de ejecutar maniobras, conectar y desconectar cargas.

Los elementos de maniobra o llaves son dispositivos que permiten establecer, conducir e interrumpir la corriente para la cual han sido diseñados.

Un motor que funciona normalmente presenta una corriente normal, pero al momento de arranque la corriente es varias veces mayor de la nominal, 4 a 7 veces, y dura relativamente poco tiempo algunos segundos, hasta que el motor ha acelerado, si el motor se encuentra bloqueado la corriente persiste en su alto valor y debe ser interrumpida para que el motor y el resto de la instalación no se dañen.

La llave que maniobra el motor debe ser capaz de ejecutar esta acción. Por ejemplo para un motor de 5 kW, con corriente nominal de 15 A (a 380 V 50 Hz) la llave debe establecer 100 A.

Hemos dicho que en caso de que el motor quedara bloqueado, se mantiene la alta corriente de arranque, la llave debe poder establecer e interrumpir esta corriente.

Es mas si al momento de conectar ocurriera una falla, por ejemplo hubiese un puente mal conectado en bornes, la corriente ser todavía mayor, cortocircuito, y nuestra llave debería poder establecer esta corriente, y si es el único elemento del circuito capaz de hacer maniobras deberá también interrumpir esta condición.

Para tener idea del orden de magnitud de las corrientes de cortocircuito digamos por ahora que están comprendidas entre 25 y 100 veces las corrientes nominales, volviendo al ejemplo del motor de 15 A se pueden presentar corrientes de cortocircuito (que dependen de la red, no del motor como para el arranque) de 1500 A, quizás mas

La llave para no representar peligro para quien la opera debe como mínimo poder soportar estas condiciones de funcionamiento.

Lógicamente exigiremos que sea capaz de interrumpir un cortocircuito si no hay otros elementos que actúen (en forma automática, antes del operador asustado que ha hecho el cortocircuito) en el lado fuente, mas cerca de la alimentación.

La duración del arco eléctrico a la interrupción, y sus efectos, en particular el desgaste de los contactos, hacen conveniente que el movimiento de los mismos se produzca con velocidad independiente del operador.

Entre contactos se presenta cierta resistencia eléctrica que es menor cuanto mayor es la presión de contacto que se tiene, no olvidemos que en una resistencia se produce calor por efecto Joule, y contactos envejecidos o debilitados se calentaran mas de lo admisible.

El desgaste, la suciedad aumentan la resistencia de contacto, y este efecto es negativo, produce mayor calentamiento de los contactos, y recordando que los conductores aumentan su resistividad con la temperatura se comprende la necesidad no exponer estos elementos a condiciones de instalación muy desfavorables.

Cuando la llave esta abierta, con sus contactos separados, tiene una función muy importante y es, mantener aislado el circuito del lado carga, y este aislamiento debe mantenerse mientras se necesite.

A parte de los elementos de maniobra o llaves también existen los elementos de protección los cuales son dispositivos que permiten detectar condiciones anormales definidas (sobrecargas, cortocircuito, corriente de falla a tierra, etc.) e interrumpir la línea que alimenta la anomalía u ordenar su interrupción a través del elemento de maniobra al que está acoplado

A continuación se presentaran las características de distintos tipos de aparatos de maniobra y de protección:

4.1.5.1 Interruptores

La característica mas saliente del interruptor, también llamado disyuntor, es poder operar estableciendo e interrumpiendo cualquier valor de corriente hasta la que corresponde a su poder de interrupción (corriente de cortocircuito).

Lógicamente después de efectuar algunas veces esta operación el desgaste de los contactos puede ser muy elevado y las prestaciones del aparato quedan disminuidas.

Los poderes de interrupción de los interruptores van desde 1 kA hasta algunas decenas, como dicho son del orden de 100 veces la corriente nominal de los aparatos.

Cuando se presenta un cortocircuito la elevada corriente debe ser interrumpida después de un breve tiempo, tanto para proteger el interruptor mismo, como para el resto de los elementos de la red.

Los interruptores automáticos son aparatos destinados a establecer e interrumpir circuitos eléctricos, con la particularidad de que precisan una fuerza exterior que los conecte pero que se desconectan por sí mismos, sin deteriorarse, cuando el circuito en que se hallan presenta ciertas anomalías a las que son sensibles.

Normalmente dichas anomalías son:

- Sobreintensidades.
- Cortocircuito.
- Sobretensiones o bajas tensiones.
- Descargas eléctricas a las personas.

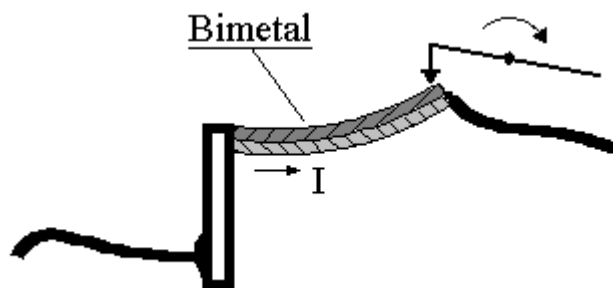
Los automáticos que reaccionan ante estas anomalías se denominan respectivamente: Térmicos, Magnéticos y magneto-térmicos.

- Interruptores térmicos

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre intensidades ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.

Para provocar la desconexión, aprovechan la deformación de una lámina bimetálica, que se curva en función del calor producido por la corriente al pasar a través de ella, esta produce el disparo en un tiempo inversamente proporcional al valor de la corriente (mejor digamos al cuadrado del valor de la corriente, ya que mide la acumulación de calor en el elemento).

Figura 12. Ilustración de bimetálica de un interruptor térmico.



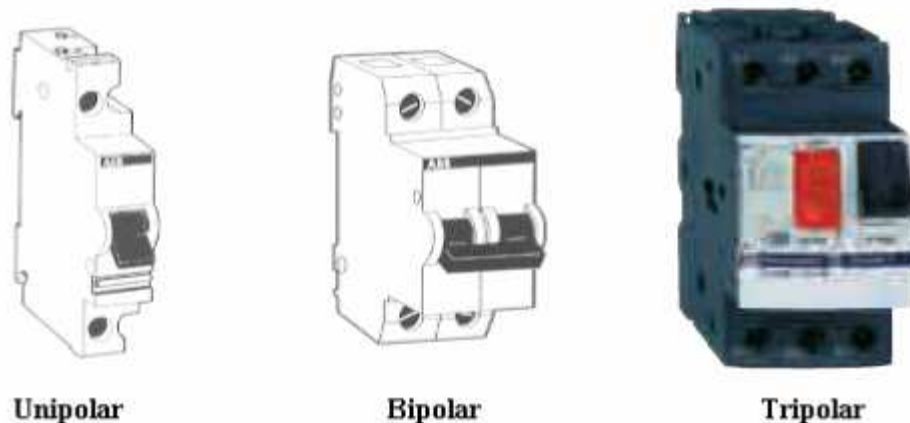
- Interruptores magnéticos

Un rele magnético (basado en una bobina por ejemplo) produce el disparo prácticamente instantáneo, en este caso la duración de la falla será mínima, sumándose al tiempo del rele la breve duración del arco (del orden de un semiciclo o menos para un interruptor de calidad de hasta algún centenar de A de corriente nominal).

- Interruptores magneto-térmicos

Generalmente, los interruptores automáticos combinan varios de los sistemas de protección descritos, en un solo aparato. Los más utilizados son los magneto-térmicos.

Figura 13. Tipos de interruptores termo – magnéticos.



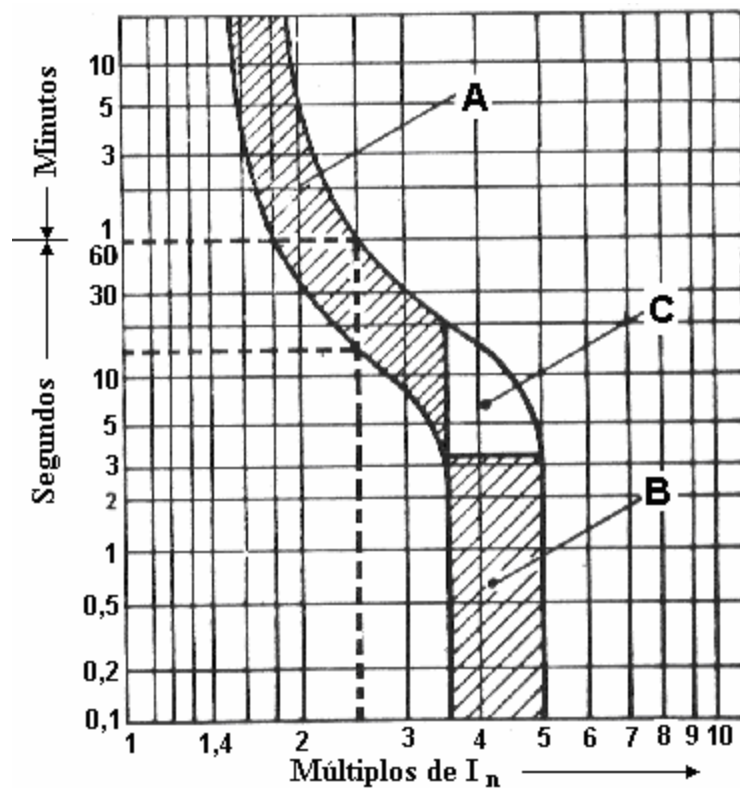
Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

La característica de actuación del aparato, curva que relaciona corriente y tiempo, se utiliza para controlar que la protección que ofrecen los relees

(eventualmente ajustados a determinados valores) es la que corresponde a los elementos protegidos.

En el gráfico de la Figura 7 puede verse la curva de desconexión de un magneto-térmico, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.

Figura 9. Curva característica de un magneto térmico.



4.1.5.2 Fusibles

Elemento de protección cuya capacidad de ruptura deberá ser igual o mayor a la calculada para su punto de utilización a la tensión de servicio.

Cuanto mayor es el valor de la corriente menos tiempo tarda el fusible en alcanzar la condición de fusión (tiempo de prearco), con una corriente determinada lo alcanza en un semiciclo, y por arriba de ese valor el fusible funde en tiempos que son menores a un semiciclo.

Con corrientes muy grandes el fusible funde en pocos milisegundos, y si la tensión de arco que se presenta es elevada, la corriente de arco resulta muy limitada no alcanzando el valor máximo que se hubiera presentado si el fusible no estuviera instalado.

Esta característica de los fusibles se llama de limitación, los aparatos limitadores son aquellos que impiden que se alcancen los valores máximos de la corriente de cortocircuito, y en consecuencia el resto del circuito puede ser de dimensiones limitadas respecto de lo que sería necesario si no hubiera limitación.

Si comparamos los fusibles con los magneto-térmicos, veremos cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales. Después, a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible.

Por contra, un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base, sometida a tensión y una persona lo bastante capacitada para efectuar estas operaciones. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible, llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados, por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados.

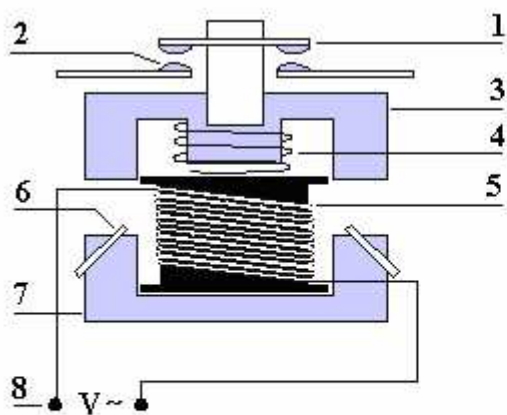
4.1.5.3 Contactores

Podemos definir un contactor como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluídricas, etc. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

Figura 14. Ilustración de un Contactor.



- 1- Contactos móviles. 2 - Contactos fijos.
- 3- Hierro móvil. 4 - Muelle antagonista. 5 - Bobina.
- 6- Espira de sombra (en corriente alterna).
- 7- Hierro fijo. 8 - Alimentación bobina.



Así pues, característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia. Según sea el fabricante, dispondremos de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continua como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contador.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone (normalmente cuatro). El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660 V. para los contactores de normal utilización en la industria.

También el contactor esta asociado a un rele térmico, que acciona un contacto que interrumpe la corriente en la bobina (cuando corresponde) y comanda así la apertura, desconecta la carga cuando se presenta una situación de sobrecarga.

Ciertos contactores tienen relees mas sofisticados que comparan las corrientes de las tres fases comandando la actuación si estas no son iguales (protegen de interrupciones de una fase, u otros desequilibrios).

Si ocurre un cortocircuito, de valor elevado, que supera la prestación del contactor, para su protección se instala un fusible, al que se le asigna la función de interrumpir las corrientes de falla elevadas y proteger así el contactor y el resto del circuito.

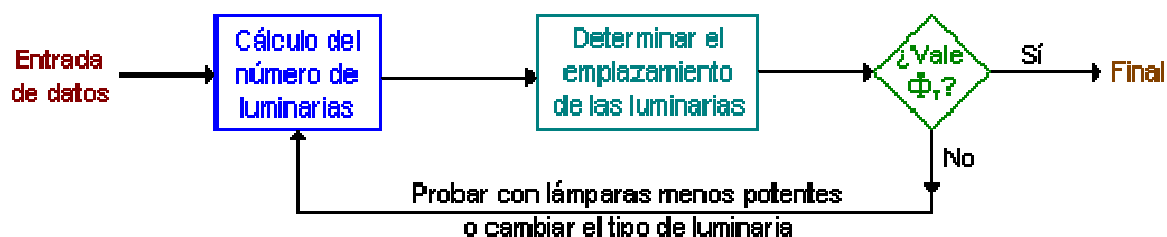
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION.

Las actuales instalaciones del salón no cuentan con una adecuada distribución de las luminarias ni con el tipo de luminaria adecuado para la industria alimenticia, lo cual hace necesario que el nuevo diseño contemple estos aspectos y además cumpla con los niveles de iluminación recomendados por el Retie.

El diseño de este sistema de iluminación fue verificado mediante el uso de Dialux (Software para análisis de sistemas de iluminación), en Anexo D se presenta el informe del software.

El procedimiento para determinar los niveles de iluminación se muestra a continuación:

Figura 15. Diagrama del procedimiento de diseño.



Para que la actividad laboral pueda desarrollarse de una manera eficaz se necesita la que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz. Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en los aspectos de:

- Seguridad.
- Confort.
- Productividad.

La integración de estos aspectos comportará un trabajo seguro, cómodo y eficaz.

Pero para poder hablar de iluminación es necesario tener claro las magnitudes, así como las principales características y las correspondientes unidades las cuales se presentaran en la siguiente tabla.

Tabla 17. Tabla de las magnitudes de la iluminación.

Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relaciones
Flujo	Φ	LUMEN (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.	$\Phi = I \times \omega$
Intensidad luminosa	I	CANDELA (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián.	$I = \Phi / \omega$
Nivel de iluminación (iluminancia)	E	LUX (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m^2	$E = \Phi / S$
Luminancia	L	CANDELA por m^2 (cd/ m^2) CANDELA por cm^2 (cd/ cm^2)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.	$L = I / S$

En conclusión se puede decir que:

- El flujo luminoso y la intensidad luminosa: Son magnitudes características de las fuentes; el primero indica la potencia luminosa propia de una fuente, y la segunda indica la forma en que se distribuye en el espacio la luz emitida por las fuentes.
- La iluminancia o nivel de iluminación: Es una magnitud característica del objeto iluminado, ya que indica la cantidad de luz que incide sobre una unidad de superficie del objeto, cuando es iluminado por una fuente de luz.
- La Luminancia: Es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada. Es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad; la mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia, es decir que el ojo percibe son diferencias de luminancias y no de niveles de iluminación.

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo solo bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el **método de los lúmenes**. Para los casos en que requiramos una mayor precisión o necesitemos conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos como pasa en el alumbrado general localizado o el alumbrado localizado recurriremos al **método del punto por punto**.

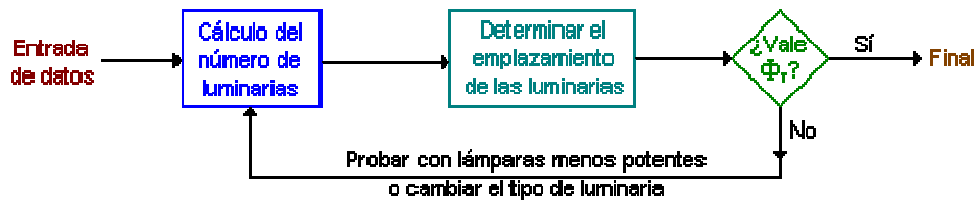
Para realizar el diseño del sistema de iluminación del salón de post-proceso se utilizara el método de los lúmenes, ya que el fin de este diseño es cumplir con lo niveles básicos de iluminación para poder realizar una correcta labor.

Método de los lúmenes:

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

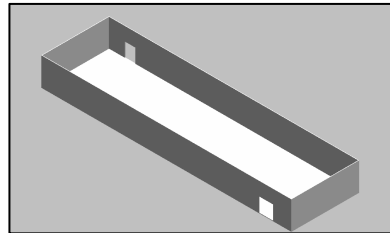
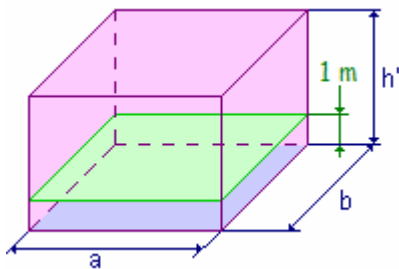
Figura 16. Diagrama del procedimiento de diseño.



4.2.1. Datos de entrada:

- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

Figura 17. Ilustración del local.



- Largo (b): 35,5 m.
- Ancho (a): 9,6 m.
- Altura total (h'): 4m
- Altura plano de trabajo: 1m

- Determinar el nivel de iluminancia media (E_m). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local. Según el RETIE ⁴ el valor de la iluminancia media para una área de inspección es $E_m = 500$ lx y para procesos automáticos el valor es $E_m = 200$ lx, ahora para este salón en el cual se encontrar realizando labores de desprese manual, empaque y también se realiza el desprese automático, el valor asumido de iluminancia media es $E_m = 400$ lx
- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar. La lámpara a utilizar es una lámpara fluorescente de dos tubos de 32 W, hermética, con reflector, con un flujo luminoso de 3350 lm⁵, las cuales son adecuadas para uso industrial y baja altura de suspensión (< 6m).
- Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos del lugar directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes. A continuación se presenta una breve explicación de los sistemas de iluminación.

⁴ Ver Anexo C Niveles de iluminancia adoptados del Retie

⁵ Dato suministrado por el fabricante.

Tabla 18. Sistemas de iluminación.

Iluminación directa	Es cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas.
Iluminación semidirecta	La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejado en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.
Iluminación difusa	Se produce cuando se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono al lugar y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.
Iluminación semiindirecta	Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. La luz es de buena calidad, produce muy pocos

	deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.
Iluminación indirecta	Se presenta cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas.

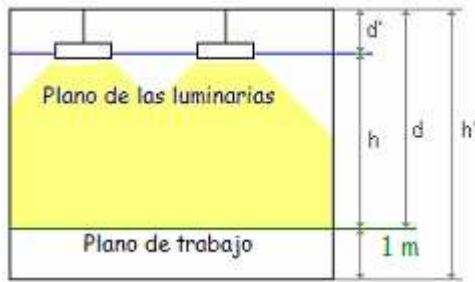
Con base a lo anterior se determina que el sistema de alumbrado del salón será de iluminación directa, las lámparas se ubicaran encima de los equipos y los operarios.

- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

Tabla 19. Posibles alturas de la luminaria.

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} * (h' - 1)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} * (h' - 1)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} * (h' - 1)$ $h \approx \frac{3}{4} * (h' - 1)$

Figura 18. Alturas en el local



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias = 1.5m

h': altura del local = 4m

d: altura del plano de trabajo al techo = 3m

d': altura entre el plano de trabajo y el techo = 1.5m

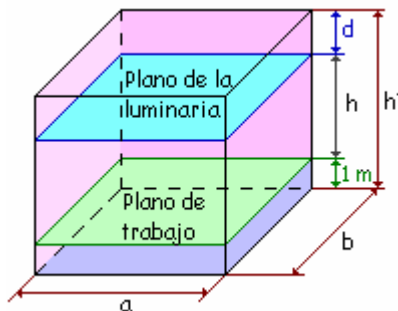
La tabla anterior aconseja que la altura entre el plano de trabajo y las luminarias (h) sea como mínimo de 2m y como altura óptima de 2.4m, se tomara 2,5m como altura de suspensión de las luminarias.

- Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:

Tabla 20. Índices del local.

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Figura 19. Disposición plano de la luminaria y plano del trabajo.



Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

Como el sistema de iluminación es directo el índice del local es:

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)} = \frac{35,5 * 9,6}{4 * (35,5 * 9,6)} = 1,89$$

- Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Tabla 21. Coeficientes de reflexión.

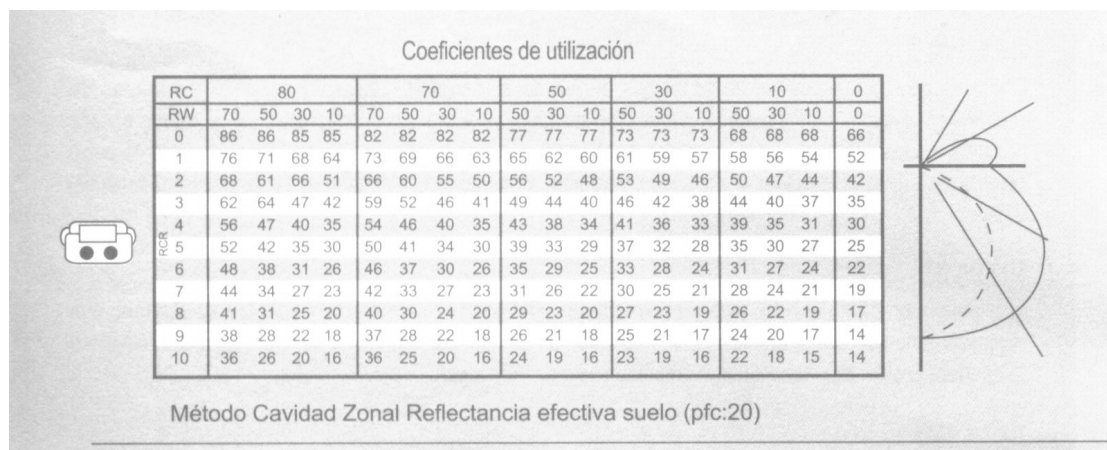
	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	oscuro	0.1

Las paredes y el techo de este salón se encuentran construidas con panel de poliuretano y laminas pintadas de blanco marfil, lo cual nos permite asumir que el factor de reflexión del techo es de 0.5 y para las paredes es de 0.5, finalmente el para el piso se utilizo una baldosa de tipo industrial la cual se puede clasificar de color claro dando un índice de 0.3.

- Determinar el factor de utilización (U, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión.

Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Figura 20. Coeficientes de utilización,



RCR (k)= Relación de la cavidad del cuarto o índice del local.

RC = Factor de reflexión del techo.

RW = Factor de reflexión de la pared.

Con la tabla suministrada por el fabricante de las lámparas y los siguientes datos hallamos el factor de utilización.

$$\left. \begin{array}{l} \text{RCR (k)} = 1.89 \\ \text{RC} = 50 \\ \text{RW} = 50 \end{array} \right\} \eta = 57.$$

- Determinar el factor de mantenimiento (fm) o conservación de la instalación.

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 22. Factores de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Como la aplicación de este sistema de alumbrado para una planta de alimentos la cual exige una extrema limpieza el factor de mantenimiento se puede tomar igual a $f_m = 0,8$.

4.2.2. Cálculo del numero de luminarias:

- Cálculo del flujo luminoso total necesario.

Para ello aplicaremos la fórmula

$$\phi_t = \frac{E * S}{\eta * f_m}$$

Donde:

ϕ_t es el flujo luminoso total

E es la iluminancia media deseada

S es la superficie del plano de trabajo

η es el factor de utilización (Dato de tabla suministrada)

f_m es el factor de mantenimiento

$$\phi_t = \frac{E * S}{\eta * f_m} = \frac{400 * (35,5 * 9,6)}{0,57 * 0,8} \quad \gamma \quad \phi_t = 305.491,071 \text{ lm}$$

➤ Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} \quad \text{Redondeado por exceso}$$

Donde:

N es el número de luminarias

ϕ_T es el flujo luminoso total

ϕ_L es el flujo luminoso de una lámpara

n es el número de lámparas por luminaria

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} = \frac{305.491,071}{5542} \quad \gamma \quad N = 54,9 \approx 55 \text{ lamparas.}$$

4.2.3. Emplazamiento de las luminarias

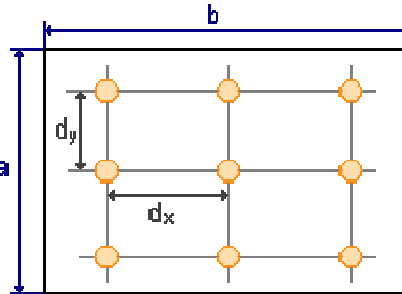
Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

Figura 21. Separación de las luminarias

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{\text{largo}} * \text{ancho}}$$

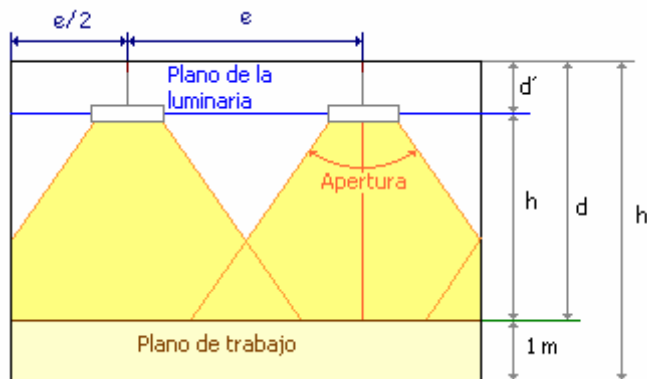
$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

donde N es el número de luminarias



La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:

Figura 22. Ubicación plano de trabajo.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias = 1.5 mts

h': altura del local = 4 mts

d: altura del plano de trabajo al techo = 3 mts

d': altura entre el plano de trabajo y el techo = 1.5 mts

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 23. Separación de la luminaria según la altura.

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	≤ 4 m	$e \leq 1.6 h$

distancia pared-luminaria: $e/2$

Se iniciara con calcular el número de luminarias a lo largo y ancho del salón, después se hallara la separación entre las lámparas y se verificara que cumpla con los parámetros.

Tabla 24. Resumen de la disposición de las luminarias.

Distribución a lo ancho del salón:	
$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{\text{largo}}} * \text{ancho} = \sqrt{\frac{55}{35,5}} * 9,6$	$N_{\text{ancho}} = 3,85 \approx 4$ luminarias
Separación(m):	$9,6 / 4 = 2,4\text{m}$
Separación de las paredes	$2,4 / 2 = 1,2\text{m}$
Distribución a lo largo del salón:	
$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right) = 4 * \left(\frac{35,5}{9,6}\right)$	$N_{\text{largo}} = 14,79 \approx 15$ luminarias
Separación(m):	$35,5 / 15 = 2,36 \text{ m}$
Separación de las paredes	$2,36 / 2 = 1,2\text{m}$
Separación máxima entre luminarias	
Tipo de luminaria extensiva ($e \leq 1.6*h$)	$1,6*1,5 = 2,4 \text{ m}$
Numero total de luminarias	$4 * 15 = 60$

El parámetro de separación de las lámparas se cumple de acuerdo a lo recomendado según el tipo de luminaria, en caso contrario es necesario poner mas unidades y reducir la separación entre ellas, se puede calcular el nuevo numero necesario de lámparas, tomando como distancia de separación la distancia máxima y usando las formulas para distribuirlas.

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

4.2.4. Comprobación de los resultados:

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n * \phi_L * \eta * fm}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E_m = \frac{n * \phi_L * \eta * fm}{S} = \frac{60 * 5542 * 0,56 * 0,8}{340,8} \quad E_m = 488,74 \text{ lx}$$

$$E_{m \text{ calculado}} = 488,74 \geq E_{tabla} = 400 \text{ lx}$$

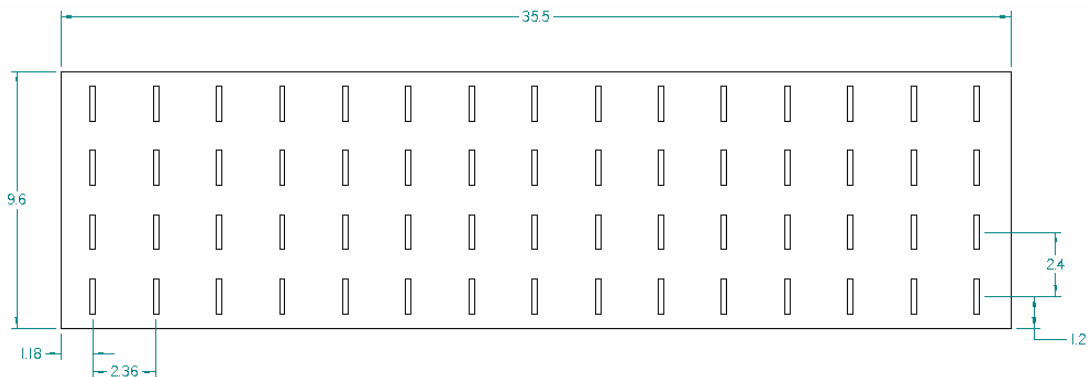
A continuación se presentara una tabla resumen con los datos de entrada y las variables obtenidas después del diseño del sistema de iluminación.

Tabla 25. Tabla resumen del proceso de diseño salón producción.

Datos de entrada	Datos de salida
Dimensiones del local	Largo: 35,5 m. Ancho: 9,6 m. Altura total: 4m
Altura plano de trabajo	1 m
Nivel de iluminancia media	400 lx
Tipo de lámpara	Luminaria fluorescente con dos tubos de 40 watts
Sistema de alumbrado	Iluminación directa
Altura de suspensión de las luminarias	1,5 m
Índice del local	$K = 1,89$
Coeficiente de reflexión techo	0,5
Coeficiente de reflexión pared	0,5
Coeficiente de reflexión suelo	0,3
Factor de utilización	$\eta = 0,56$.
Factor de mantenimiento	$f_m = 0,8$
Flujo luminoso	$\Phi_r = 305.491,071$ lm
Numero de luminarias	$N = 60$ luminarias.
Numero mínimo de lámparas a lo ancho	$N_{\text{ancho}} = 4$ luminarias
Numero mínimo de lámparas a lo largo	$N_{\text{largo}} = 15$ luminarias
Distancia de separación entre luminarias	2,4 m
Distancia de separación entre luminarias y la pared	1,2 m
Iluminancia calculada	488,74 lx

Esta es la distribución final de las lámparas en el salón.

Figura 23. Disposición final de las lámparas.



Este cálculo de iluminación fue corroborado mediante el uso de DIALux el cual es un software estándar para el cálculo de iluminación. En el Anexo D se muestra un informe del software sobre el diseño de la iluminación.

De la misma manera se calcula el número de luminarias para el salón de empaque, dando como resultado el siguiente cuadro.

Tabla 26. Tabla resumen proceso selección salón de empaque.

Datos de entrada	Datos de salida
Dimensiones del local	Largo: 18,2 m. Ancho: 9,5 m. Altura total: 3,2 m
Altura plano de trabajo	1 m
Nivel de iluminancia media	400 lx
Tipo de lámpara	Luminaria fluorescente con dos tubos de 40 watts
Sistema de alumbrado	Iluminación directa
Altura de suspensión de las luminarias	1,5 m
Índice del local	$K = 1,95$
Coeficiente de reflexión techo	0,5
Coeficiente de reflexión pared	0,5
Coeficiente de reflexión suelo	0,3
Factor de utilización	$\eta = 0,53$.
Factor de mantenimiento	$f_m = 0,8$
Flujo luminoso	$\Phi_r = 154.375 \text{ lm}$
Numero de luminarias	$N = 36$ luminarias.
Numero mínimo de lámparas a lo ancho	$N_{\text{ancho}} = 4$ luminarias
Numero mínimo de lámparas a lo largo	$N_{\text{largo}} = 8$ luminarias
Distancia de separación entre luminarias	2,5 m
Distancia de separación entre luminarias y la pared	1,3 m
Iluminancia calculada	459,51 lx

4.3. DISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.

La red de distribución de aire comprimido del actual salón, no tiene un diseño adecuado ya que en varias ocasiones el condensado generado dentro de la tubería ha ocasionado falla en los equipos durante el proceso además de no tener un flujo uniforme de aire, en base a lo anterior se hace necesario el diseño de de la red de aire comprimido que de solución a estos inconvenientes. Para el desarrollo de este capítulo se procederá de la siguiente manera:

- Presentación de los dispositivos de una red.
- Clases de sistemas de distribución.
- Configuración de la red.
- Inclinación de la red.
- Selección de tubería

Se dispone de un compresor Ingersoll Rand UP6 15 – 125, la selección de este compresor se hizo en base a los requerimientos de caudal, presión y considerando futuras expansiones, para seleccionar el diámetro de la tubería se hará en base al máximo caudal de operación del compresor.

Los procesos de automatización en los equipos de producción y la necesidad de disminuir los costos, ha hecho que el aire comprimido se haya convertido en una fuente de potencia muy útil, económica en la industria, segura, fácil de transmitir y adaptable, esto permite su uso en algunas aplicaciones que son prácticamente imposibles con otros medios energéticos, además para aplicaciones en la industria alimenticia el uso del aire comprimido es fundamental ya que el empleo de otro medio de transmisión de potencia como los sistemas hidráulicos puede poner en riesgo la producción de la

industria y la salud de los consumidores si este llegara a presentar alguna fuga y/o se tuviera contacto con el producto.

El costo del aire comprimido es relativamente económico frente a las ventajas y posibilidades que presenta. Por ejemplo el costo del aire comprimido mas el valor de los equipos en su vida útil en el caso de un taladro neumático representa cerca del 10% al 25% del costo total, el resto corresponde a salario y administración. Aunque la dotación del sistema de aire comprimido requiere de inversión de capital, esta se paga ampliamente con el incremento de la productividad.

4.3.1. Dispositivos de una red

1. Filtro del compresor: Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
2. Compresor: Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo. En el Anexo G se presenta el data sheet de este equipo.

Figura 24. Compresor de aire.



Fuente: <http://air.irco.com/IS/product.asp-en-12771>

Fabricante	Ingersoll Rand
Modelo	UP6 15 – 125
Caudal a máxima presión	83 cfm
Máxima presión de trabajo	125 psi

El caudal requerido por los equipos es de 30 cfm, pero se seleccionó un compresor de 83 cfm, considerando la expansión del área de post – proceso y la posibilidad de suministrar aire comprimido a otros procesos de la planta.

3. Post enfriador: Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.

4. Tanque de almacenamiento: Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
5. Filtros de línea: Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
6. Secadores: Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco.
7. Aplicaciones con sus purgas, unidades de mantenimiento (Filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

4.3.2. Sistema de distribución:

La red del sistema debe suministrar el aire comprimido con una pérdida mínima para cualquier punto del sistema. Un sistema bien dimensionado en trazado y diámetros de tubería debe garantizar una pérdida máxima del 5% para el punto más alejado de la red respecto al compresor.

4.3.2.1. Línea principal

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire en la tubería principal es de 8 m/s, admitiéndose una pérdida máxima del 2% en el punto más alejado de la línea calculada con el máximo flujo probable.

4.3.2.2. Línea secundaria

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos

alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8 m/s, la pérdida máxima admitida calculada con el máximo caudal esperado es del 3% calculada con el máximo flujo probable.

4.3.2.3. Línea de servicio

Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobre pasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de ½" en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15 m/s, para estas líneas las pérdidas no deben superar el 1% calculadas con el máximo flujo probable.

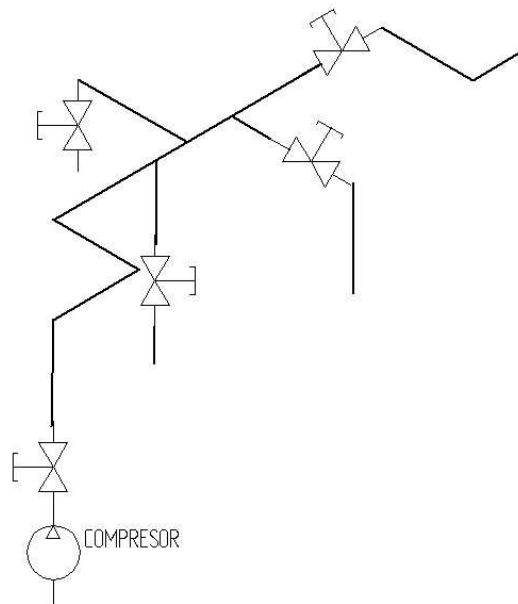
4.3.3. Configuración de la red:

Existen varias posibles configuraciones de una red de aire comprimido. En una red de aire el factor de mayor consideración es la distribución de agua en la red puesto que los datos de pérdidas, velocidad, presión y otros pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad. En cambio las zonas de acumulación de agua en una red han de ser detectadas y diseñadas en base a la experiencia, aunque se puede dar inclinación a la red y utilizar enfriadores y secadores de aire para disminuir el efecto del condensado en las redes de aire.

1. Red abierta: Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como se muestra en la Figura 10 . La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden

implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire “aguas abajo” del punto de corte lo que implica una detención de la producción.

Figura 10. Red aire comprimido abierta.

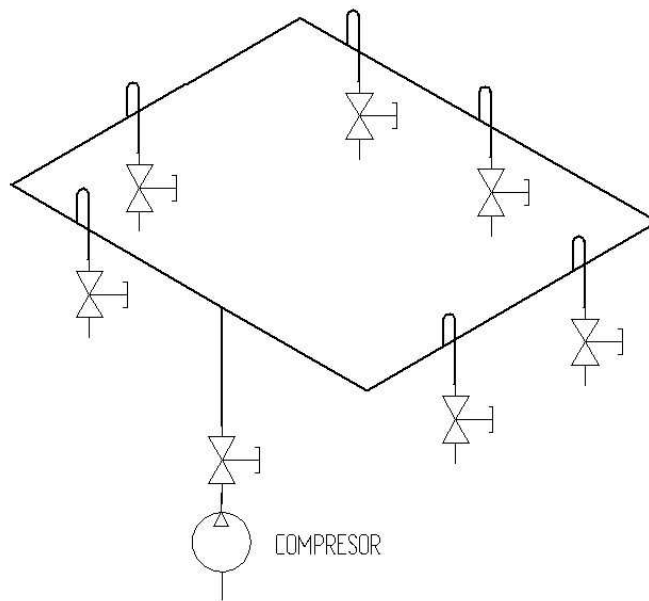


2. Red Cerrada: En esta configuración la línea principal constituye un anillo tal como se muestra en la Figura 11 .La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción. Una desventaja importante de este sistema es la falta de dirección constante del flujo. La dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo. El problema de

estos cambios radica en que la mayoría de accesorios de una red (p. ej. Filtros) son diseñados con una entrada y una salida. Por tanto un cambio en el sentido de flujo los inutilizaría.

Otro defecto de la red cerrada es la dificultad de eliminar los condensados debido a la ausencia de inclinaciones. Esto hace necesario implementar un sistema de secado más estricto en el sistema.

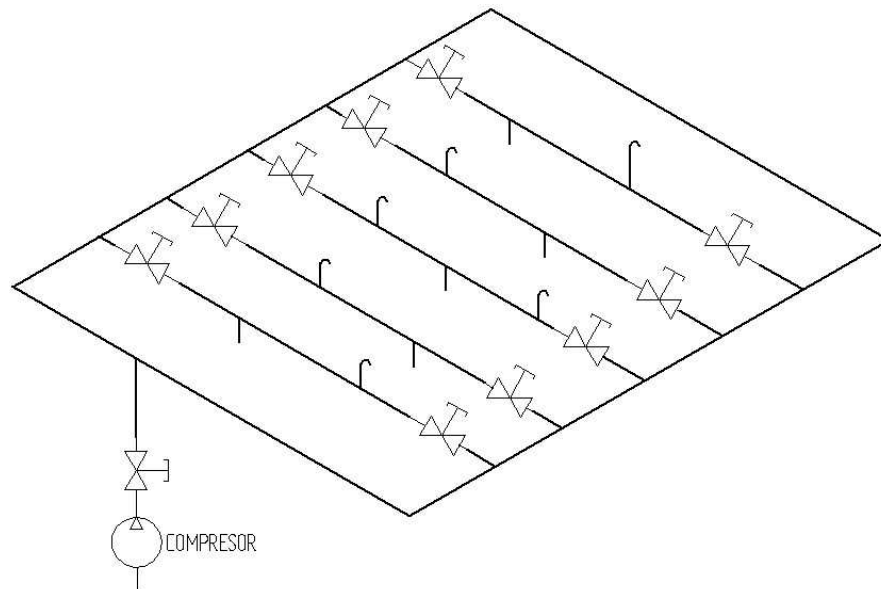
Figura 11. Red aire comprimido cerrada.



3. Red interconectada: Esta configuración es igual a la cerrada pero con la implementación de bypass entre las líneas principales tal como se muestra en la Figura 12 Este sistema presenta un excelente desempeño frente al mantenimiento pero requiere la inversión inicial

más alta. Además, la red interconectada presenta los mismos problemas que la cerrada.

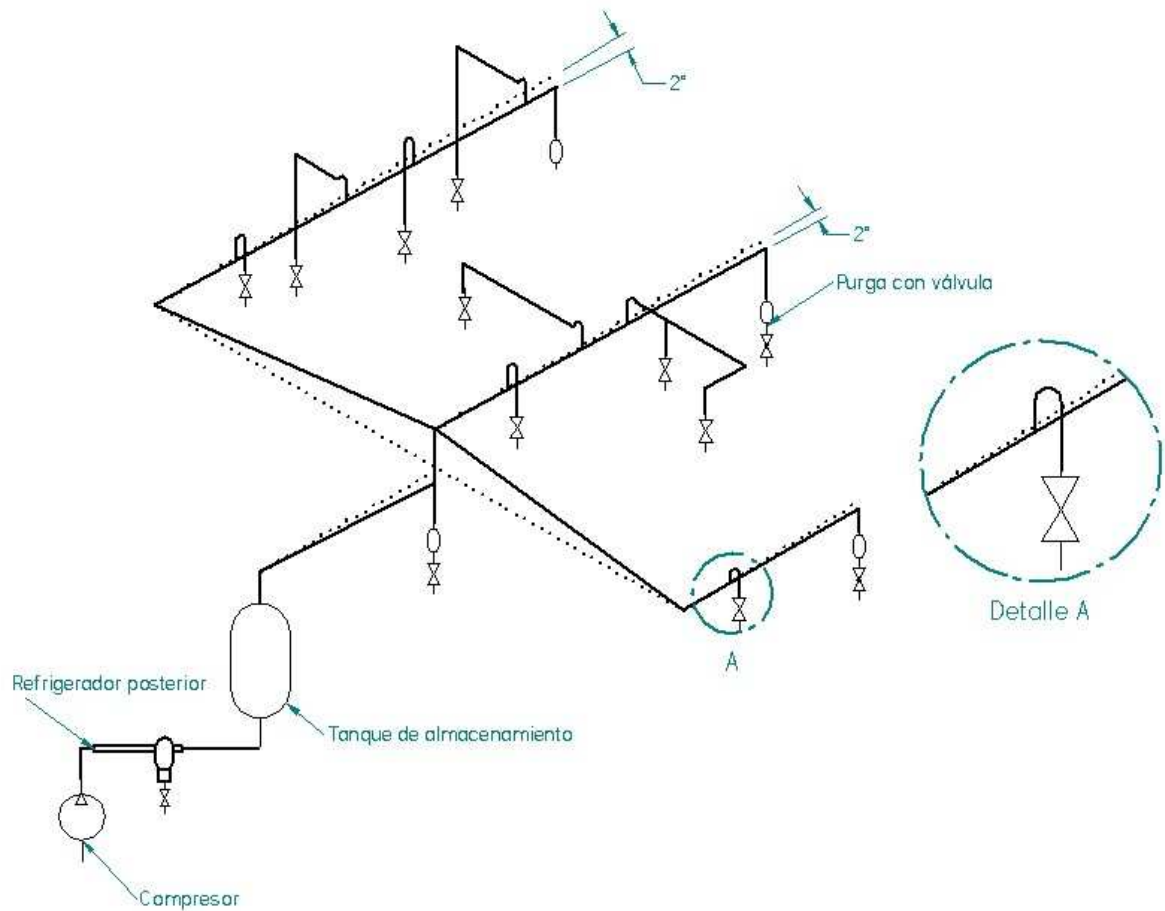
Figura 12. Red aire comprimido interconectada.



4.3.4. Inclinación de la red

En las redes abiertas se debe permitir una leve inclinación de la red en el sentido de flujo del aire. Esto con el fin facilitar la extracción de los condensados. Dicha inclinación puede ser de un 2% como se inicia en la Figura 13. Al final debe instalarse una válvula de purga. En el detalle A se observa que para realizar una conexión de la tubería secundaria es necesario realizarla desde la parte superior de la tubería y haciendo un cuello de ganso, con esto se evita que el agua baje por gravedad hacia el equipo.

Figura 13. Inclinación de la red.



4.3.5. Selección de la tubería:

La selección del diámetro de la tubería es de vital importancia ya que este determinará la eficiencia del transporte, las pérdidas y la posibilidad de expandir la red en un futuro.

La selección de tubería debe tenerse en cuenta:

- El caudal.
- La longitud de las tuberías
- La pérdida de presión (admisibles).
- La presión de servicio.

- La cantidad de estrangulamientos en la red.

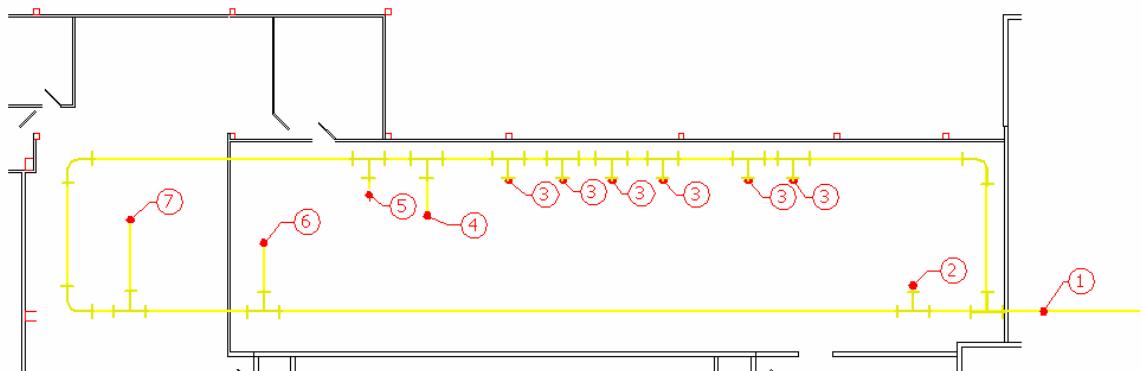
Mediante el uso de un nomograma se puede hallar un valor cercano de forma rápida y sencilla el diámetro de la tubería.

Para poder utilizar el nomograma debemos considerar los siguientes datos:

- Longitud de la tubería:

Para determinar la longitud de la tubería principal y la tubería de servicio, se hará en base a un plano de la planta el cual incluye la distribución de los equipos.

Figura 14. Red de distribución de aire comprimido con los puntos de servicio.⁶



Indicador	EQUIPO	CAUDAL (CFM)	PRESION (Bar)
1	línea principal	26	6 - 7
2	Inyectora Belam	9.5	6 - 7
3	Despresadora automática (Cilindros elevar módulos de corte)	2	6 - 7
4	Inyectora Metalquimia	11.7	6 - 7
5	Clipeadora (Grapadora de ganchos)	1	6 - 7
6	Seleccionadora de presa	0,2	6 - 7
7	Empacadora de bandeja	0.353	6 - 7

⁶ Ver anexo A Planos

La distancia desde el compresor hasta el punto mas lejano de la tubería principal es de 57m y la distancia mayor distancia desde la tubería principal hasta el equipo (7) es de 8m .

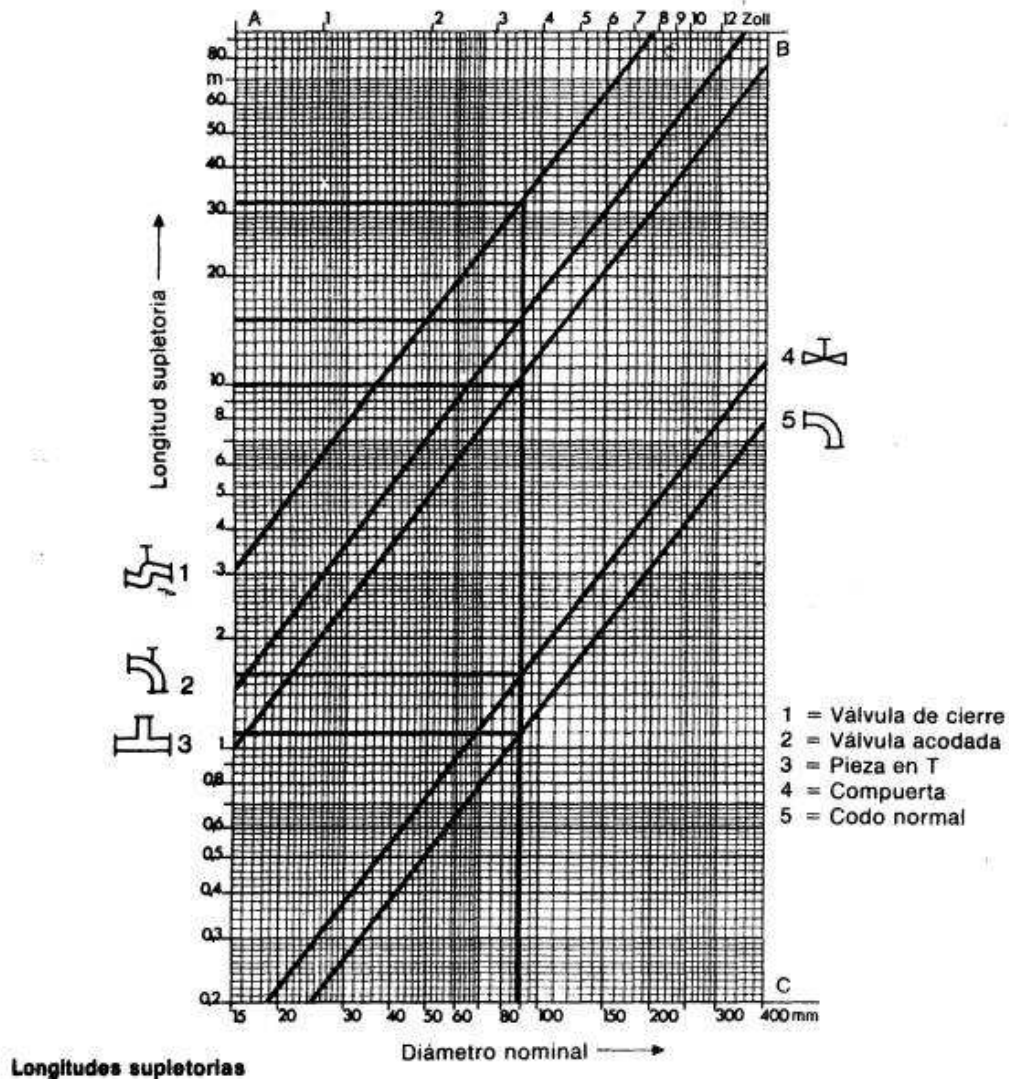
Es necesario determinar la longitud equivalente de las dos líneas ya que esta longitud incluye las perdidas debidas a los accesorios.

Accesorios para la línea principal:	Accesorios para la línea servicio:
4 codos a 90°	2 codos a 90°
1 Te	1 válvula globo
2 Válvulas globo	

Asumiendo un diámetro interno de 50 mm y teniendo como base el siguiente nomograma por accesorios la longitud equivalente es

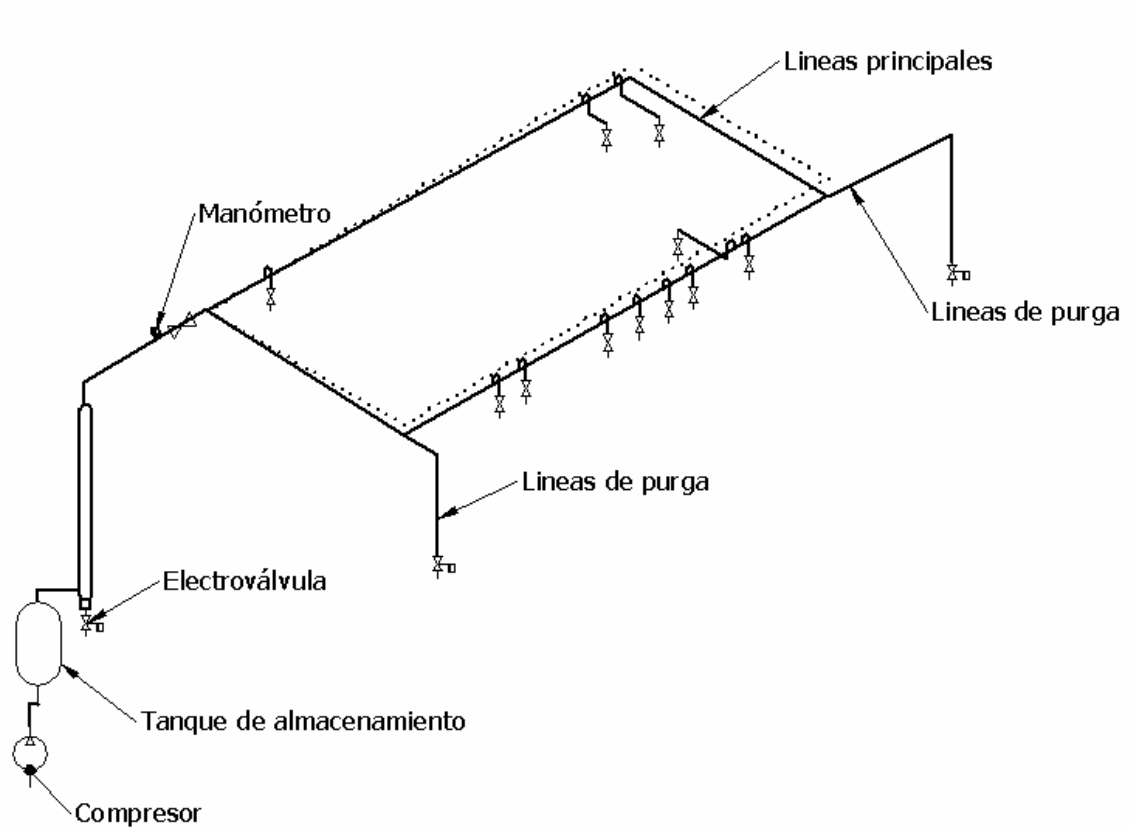
Línea principal: $57 + (0,5 \cdot 4 + 6 \cdot 1 + 0,7 \cdot 2) = 66,4$ mts
Línea de servicio: $8 + (0,5 \cdot 2 + 0,7 \cdot 1) = 9,7$ mts

Figura 15. Nomograma de longitudes supletorias.



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4htm>

Figura 16. Vista isométrica de la red de aire.



- Caudal de aire:

El flujo de diseño debe tomarse para la situación pico que esta entre el 150% y 175 % del consumo promedio estimado, el caudal de aire con el cual se va determinar el diámetro de la tubería es 83 CFM = 141,01 m³/h, este caudal corresponde al máximo entregado por el compresor y aunque el consumo total de los equipos es de 30 cfm, esta decisión permitirá una futura expansión de la línea sin necesidad de hacer grandes cambios.

- Presión de trabajo:

La presión de trabajo de todos los equipos es de 5 - 6 Bar, pero la nuevamente la presión con la cual se va seleccionar la tubería es la del compresor que es igual a 12,06 Bar.

- Perdida de presión admisible:⁷

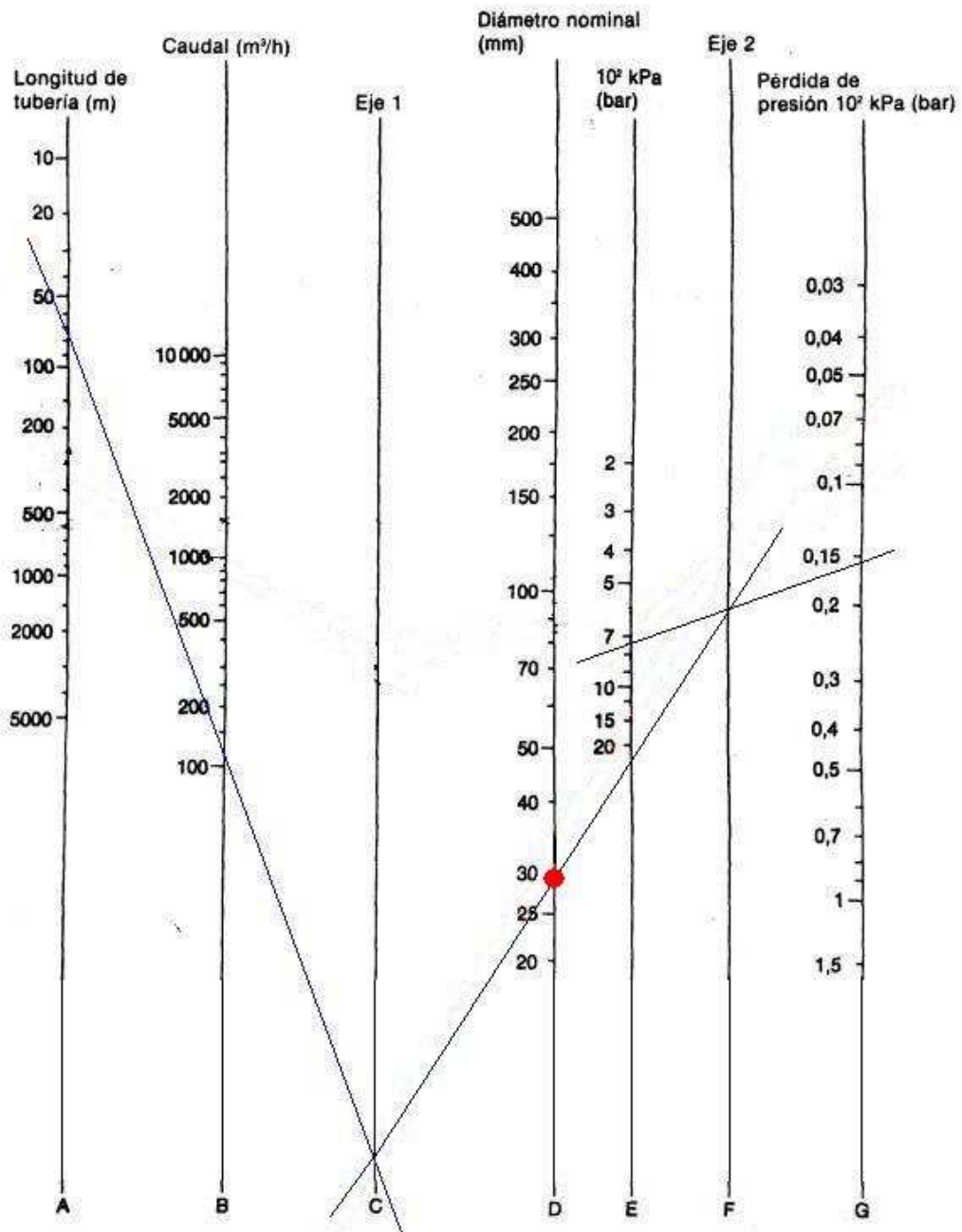
Como ya se había mencionado antes la perdida de presión admisible para líneas principales es de 0,16 Bar o una perdida máxima del 2% en el punto mas alejado de la línea, calculada con el máximo caudal esperado y para líneas de servicio es de 0,08 Bar, o no debe superar el 1%.

DATOS	línea principal	línea de servicio
Longitud de la tubería (m)	66,4	9,7
Caudal de aire (m ³ /h)	141,01	18,85
Presión de trabajo (Bar)	7,5	7,5
Perdida de presión admisible (Bar)	0,16	0,08

El procedimiento para utilizar el nomograma es el siguiente:

1. Marcar en la línea A, la longitud de la tubería y en la línea B, el caudal de aire; después unir estos dos puntos y prolongar la línea hasta que corte el eje 1.
2. Marcar en la línea E, la presión de trabajo y en la línea G, la perdida de presión; después unir estos dos puntos de modo que se corte el eje 2.
3. Trazar una línea entre los puntos de intercepción del eje 1 y el eje 2, esta línea de unión cortara la línea D la cual determinara el diámetro de la tubería.

Figura 25. Monograma de selección de tubería.



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4htm>

⁷ Tomado del Seminario de Sistema De Aire Comprimido presentado a el Centro Nacional de Producción Mas Limpia (www.cnplm.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID2.pdf)

De acuerdo al anterior nomograma de determina el diámetro de la tubería el cual corresponde a la intersección sobre el eje D de la línea que une la intersección del eje 1 con el eje 2 siendo esta un valor aproximado del 29 mm, normalizando el diámetro de la tubería y aproximando al mayor valor se determina el diámetro de la red principal es cual es 1,5 pulg.

Tabla 27. Diámetros finales de la tubería.

Diámetro tubería principal	Diámetro tubería de servicio
1.5 pulg	½ pulg

El anterior cálculo puede ser corroborado mediante el uso de la página Web de Kaeser (fabricante de compresores de aire), en la cual se suministra, el caudal, diámetro interno de la tubería, presión de trabajo absoluta obteniéndose como resultado la caída de presión en la línea.

Figura 26. Verificación de resultados.

KAESER COMPRESORES

Productos | Asistencia Técnica | Servicios en Línea | Catálogos | Referencia

Calcular Diámetro Interno de la Tubería

¡Use por favor punto en lugar de coma para indicar los decimales!

SI - Units
 US - Units

Caudal Q 2.35 m³/min

Máx. caída de presión Δp 0.16 bar Tubería lisa

Longitud nominal de la tubería L 66.4 m

presión de trabajo absoluta p 7.5 bar

Diámetro interno nominal de la tubería d_i 29.43 mm

KAESER University

4.4. DISEÑO DE LA RED DE AGUA.

El sistema de actual de distribución de agua para el salón esta compuesto por un tanque de almacenamiento provisional, 2 motobombas y un sistema hidrowflow, esta red no presenta mayores inconvenientes en el suministro de agua ya que se tiene un equipo gemelo aumentando la confiabilidad del sistema, pero la distribución de los puntos de agua dentro del salón no es la adecuada ya que no están en los sitios donde se requiere además el material utilizado para la distribución interna no es el mas adecuado para este tipo de procesos.

El diseño de la red de agua fue comprobado mediante el uso de epanet, durante el desarrollo del capitulo se presentan los resultados del análisis del software para los diferentes diámetros de tubería, los cuales servirán para corroborar el diseño.

El desarrollo de este capitulo se realizara de la siguiente manera:

- Componentes de un sistema de agua potable.
- Requerimientos de consumo hidráulico del salón.
- Cálculos para determinar el diámetro mínimo de la línea principal y la línea de servicio.

4.4.1. Componentes de un sistema de agua potable:

Un sistema de agua potable se compone principalmente de los siguientes elementos:

- Fuente.

Las fuentes de abastecimiento que encontramos en la naturaleza se pueden clasificar en:

- Agua superficial. Incluyen ríos, lagos y acuíferos superficiales que no estén confinados.

- Agua subterránea. Están confinadas y por esto mejor protegidas de la contaminación que las fuentes superficiales.

- Agua atmosférica y salada. Se recurre a estas aguas muy rara vez y solamente cuando no existe posibilidad, ya sea por escasas o de muy mala calidad, de aprovechar las aguas subterráneas y superficiales.

La fuente de agua que posee la empresa es de tipo superficial ya que se abastece de un riachuelo que pasa por los alrededores y que abastece el consumo de agua de la planta y a los demás consumidores (fincas, barrios, etc.)

- Captación

Conjunto de obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir adecuadamente agua aprovechables.

Para la captación la empresa tiene construido un lago el cual abastece la planta de tratamiento y sirve también como filtro cuando el agua viene muy turbia debido a las lluvias.

- Conducción

Parte del sistema constituido por un conjunto de conductos y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser tanque de regulación, a un cárcamo para una segunda conducción, o una planta potabilizadora.

- Tratamiento de Potabilización.

Se refiere a aquellos procesos que de una u otra forma sean capaces de alterar favorablemente las condiciones de un agua.

Básicamente los objetivos principales de una planta potabilizadora son:

- Segura para consumo humano
- Estéticamente aceptable
- Economía

La empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua, la cual convierte el agua tomada del riachuelo y trata de modo que sea apta para el proceso del beneficio del pollo.

- Distribución

El sistema de distribución debe entregar el agua a los puntos de consumo. Normalmente se compone de bombas, medidores, tuberías, válvulas de regulación.

4.4.2. Requerimientos de consumo hidráulico del salón:

Uno de los servicios con los cuales debe contar el salón de post-proceso es una red de agua potable la cual es necesaria para la limpieza de los operarios y para realizar las labores de limpieza de los equipos.

La energía eléctrica consumida depende de la potencia, el tiempo en que funciona la bomba y la eficiencia del sistema (la potencia suministrada por la bomba está en función del gasto y de la carga). Si cualquiera de los elementos de la carga ha sido mal seleccionado en cuanto al tipo, capacidad o material o si el motor no funciona correctamente o alguno de los accesorios está obstruido o si la tubería está deteriorada, aumentará el consumo de

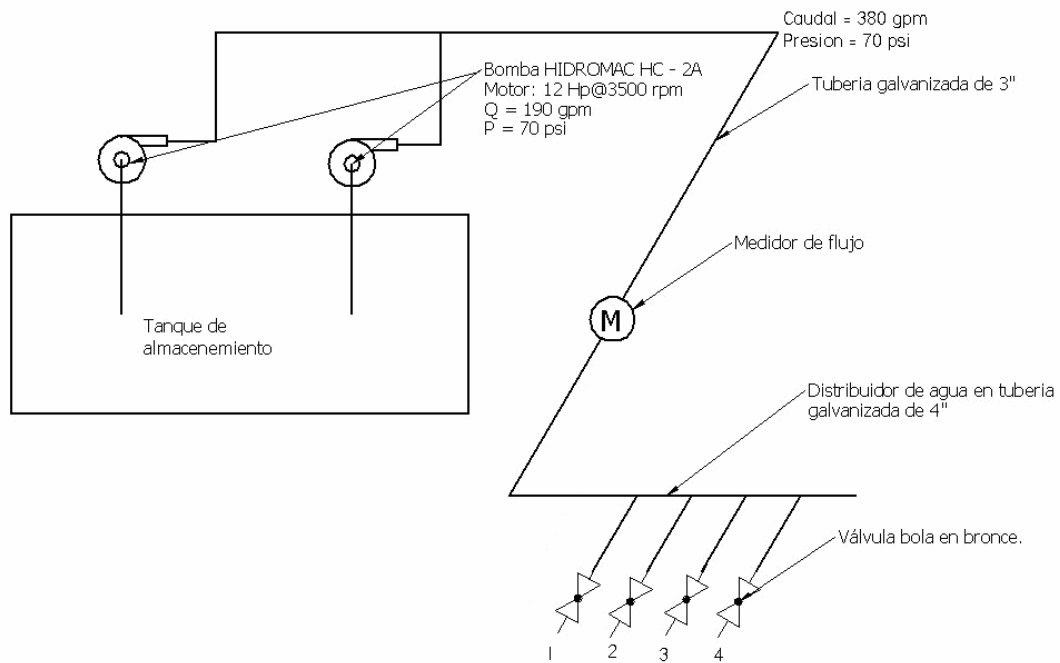
energía eléctrica total del sistema. Los consumos que debe abastecer esta red de agua son los siguientes:

Tabla 28. Especificaciones para la red de agua.

EQUIPO	CAUDAL (GPM)	PRESION (PSI)	CANTIDAD
Lavadora de ganchos (Forma parte de la despresadora automática)	30.38	60	1
Lavamanos	7.5	14,7	2
Puntos de agua para limpieza de equipos	7	50	10

El actual sistema de bombeo que posee la empresa para toda la planta es el siguiente:

Figura 17. Diagrama de distribución de la red de agua.⁸



⁸ Ver Anexo H, curva de operación de la bomba para red hidráulica.

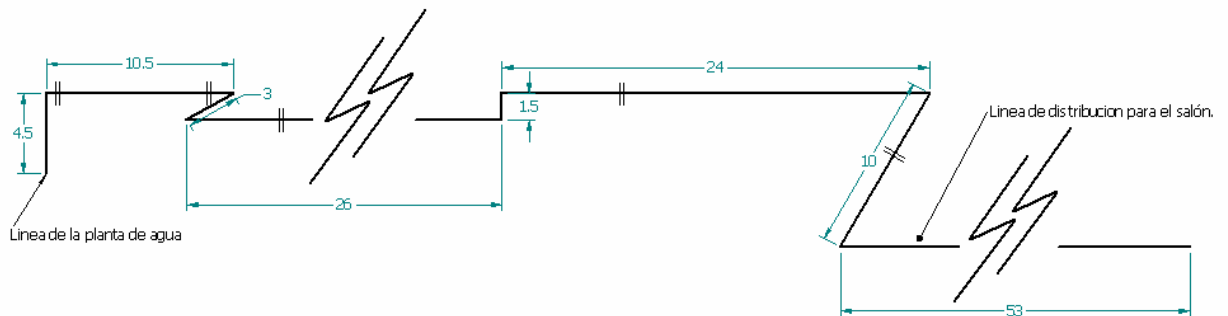
Indicador	Área	Consumo (GPM)
1	Planta sacrificio	150
2	Delichicks	70
3	Otros	30
4	Post – proceso	115

Para realizar el diseño y selección de la tubería para el nuevo salón es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

- Longitud de la tubería:

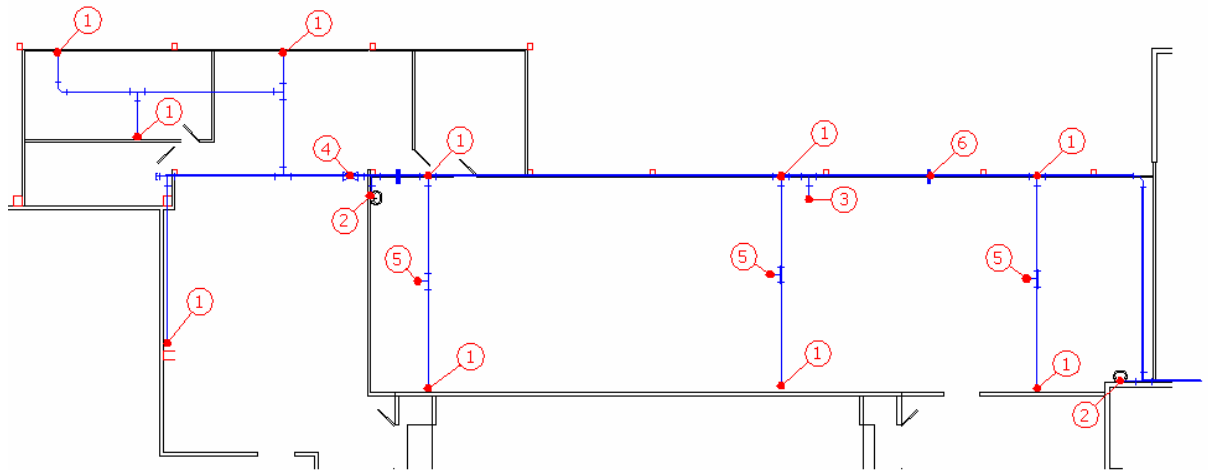
La tubería principal inicia desde la planta de agua donde está el distribuidor principal y finaliza en el salón, la siguiente figura (Figura 16) muestra el trazado de la línea.

Figura 18. Trazado de la línea de agua.



Para determinar la longitud de la tubería principal y la tubería de servicio, se hará en base a un plano de la planta (Figura 17) el cual muestra los puntos de consumo de agua.

Figura 19. Red de agua con los puntos de consumo.



Indicador	Equipo
1	Puntos de limpieza (personal - equipos)
2	Lavamanos
3	Lavadora de ganchos (forma parte de la despresadora automática)
4	Válvula de bola
5	Te para futuras conexiones.
6	Junta universal.

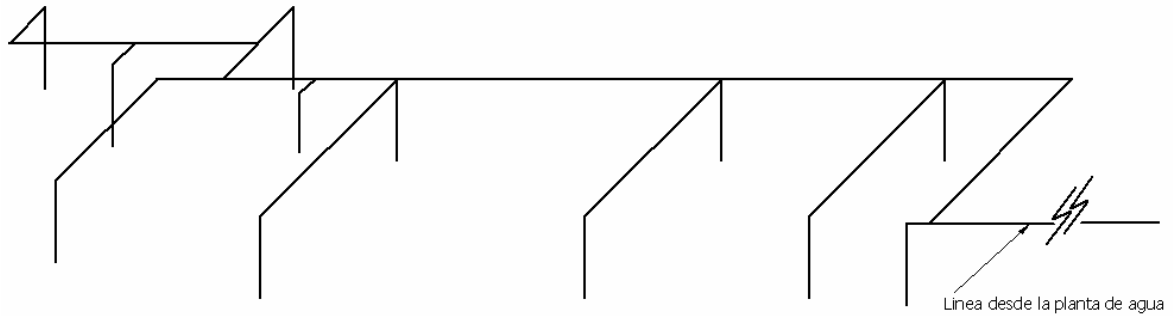
La distancia desde el distribuidor hasta el final del salón para la tubería principal es de 130 m y la distancia mayor distancia desde la tubería principal hasta el equipo es de 12m.

Es necesario incluir las pérdidas generadas por lo accesorios de las líneas.

Accesorios para la línea principal:	Accesorios para la línea servicio:
7 codos a 90°	8 codos a 90°
6 Te	2 Te
1 Válvulas globo	
6 Universales	

La vista isométrica de la red de agua es de la siguiente manera:

Figura 20. Vista isométrica de la red de agua.



4.4.3. Cálculos para determinar el diámetro mínimo de la línea principal y la línea de servicio.

Tabla 29. Datos de selección red de agua.

DATOS	Línea principal	Línea de servicio
Longitud de la tubería (m)	130	12
Caudal de agua (m ³ /seg.) [gpm]	0,0072 [115]	0,0019 [30]
Presión de trabajo (psi)	70	70

Los criterios con los cuales se ha de diseñar la red hidráulica son los siguientes:

Velocidades utilizadas para el flujo de agua en tuberías

Servicio	Velocidad
Alimentación de calderas	2.4 a 4.6 m/s (8 a 15 pie/s)
Succión de bombas y líneas de descarga	1.2 a 2.1 m/s (4 a 7 pie/s)
Servicios generales	1.2 a 3.0 m/s (4 a 10 pie/s)
Distribución de agua potable	hasta 2.1 m/s (7 pie/s)

Caída de presión en 100 metros y velocidad en tuberías de cédula 40, para agua a 15°C

Caudal (litros por minuto)	Velocidad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)		
60	0.462	0.055	0.324	0.023	3"	0.280	0.014	0.235	0.008	2.89	5.41	
70	0.539	0.098	0.378	0.031								3.37
80	0.616	0.092	0.432	0.039	3 1/2"	0.315	0.017	0.261	0.010	3.85	9.27	
90	0.693	0.115	0.486	0.048								4"
100	0.770	0.141	0.540	0.059	0.350	0.020	0.392	0.021	0.304	0.011	0.405	0.019
150	1.15	0.295	0.810	0.125								
200	1.54	0.512	1.08	0.212	0.699	0.072	0.653	0.053	0.507	0.028	0.608	0.040
250	1.92	0.773	1.35	0.322								
300	2.31	1.10	1.62	0.449	1.05	0.152	0.915	0.099	0.710	0.053	0.811	0.068
350	2.69	1.47	1.89	0.606								
400	3.08	1.92	2.16	0.780	1.40	0.264	1.18	0.161	0.912	0.084	0.912	0.084
435	3.46	2.39	2.43	0.979								
450					1.42	0.31						

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías CRANE (ver Anexo I)

En donde se debe cumplir con las velocidades para flujo en tubería de hasta 2,1 m/s y las pérdidas de presión serán de acuerdo al diámetro seleccionado.

Aplicando la ecuación de energía para un flujo estable e incompresible en tubería:

$$\left(\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + g * z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + g * z_2 \right) = h_{LT}$$

$$h_{LT} = h_L + h_{Lm}$$

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V_2^2}{2}$$

$$h_{Lm} = f \frac{L_e}{D} \frac{V_2^2}{2}$$

Donde:

P_* = Presión en algún punto de la línea

ρ = Densidad del fluido

α_* = Coeficiente de energía cinética.

Para flujo laminar en tubería $\alpha = 2$

Para flujo turbulento y número de Reynolds grande $\alpha \approx 1$

V_* = Velocidad del fluido en algún punto de la línea.

g = Gravedad del lugar donde se encuentre el sistema.

Z_* = Altura del nivel del sistema respecto a un nivel de referencia fijo.

h_{LT} = Pérdida de carga total.

h_L = Suma de pérdidas mayores. (Debidas a efectos friccionales en flujos completamente desarrollados en tubos de área constante.)

h_{Lm} = Suma de pérdidas menores. (Debidas a entradas, conectores, cambios de área, accesorios, etc.)

D = Diámetro de la tubería.

f = Factor de fricción.

L = Longitud de la tubería.

L_e = Longitud equivalente de tubería recta.

Suposiciones del sistema:

Se asume como volumen de control la tubería desde la salida de la bomba hasta los puntos conexiones.

- Flujo estable.
- Flujo incompresible.
- $Z_1 \approx Z_2$
- $V_1 = V_2 = V$; $\alpha_1 \approx \alpha_2$

En base a las anteriores suposiciones la ecuación de energía queda de la siguiente manera.

$$\left(\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2} + g * z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + g * z_2 \right) = h_{LT}$$

$$h_{LT} = h_L + h_{Lm} = f \frac{L}{D} \frac{V_2^2}{2} + N_v * f \frac{L_{ev}}{D} \frac{V_2^2}{2} (\text{valvula}) + N_c * f \frac{L_{ec}}{D} \frac{V_2^2}{2} (\text{codo}) + N_t * f \frac{L_{et}}{D} \frac{V_2^2}{2} (\text{Te})$$

$$h_{LT} = h_L + h_{Lm} = f \frac{V_2^2}{2} * \left(\frac{L}{D} + N_v * \frac{L_{ev}}{D} + N_c * \frac{L_{ec}}{D} + N_t * \frac{L_{et}}{D} \right)$$

Tabla 30. Longitud equivalente adimensionales representativas ($\frac{L_e}{D}$) para algunos accesorios.

Tipo de accesorio	Longitud equivalente $\frac{L_e}{D}$	Símbolo en la formula
Válvula de bola	3	$\frac{L_{ev}}{D} = 3$
Codo estándar a 90°	30	$\frac{L_{ec}}{D} = 30$
Te estándar flujo directo	20	$\frac{L_{et}}{D} = 20$

Fuente: Introducción a la mecánica de fluidos - Robert W. Fox

$$h_{LT} = h_L + h_{Lm} = f \frac{V_2^2}{2} * \left(\frac{L}{D} + 1 * 3 + 7 * 30 + 6 * 20 \right) = f \frac{V_2^2}{2} * \left(\frac{L}{D} + 333 \right)$$

Es necesario asumir un diámetro para iniciar el proceso de iteración, lo cual conviene sustituir:

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

$$h_{LT} = f \frac{8 * Q^2}{D^4 * \pi^2} * \left(\frac{L}{D} + 333 \right)$$

$$P_1 - P_2 = f \frac{8 * Q^2 * \rho}{D^4 * \pi^2} * \left(\frac{L}{D} + 333 \right)$$

$$7 = f \frac{8 * Q^2 * \rho}{D^4 * \pi^2} * \left(\frac{L}{D} + 333 \right)$$

El número de Reynolds es necesario para poder hallar f en función de Q.

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} = \frac{V * D}{\nu} = \frac{4Q * D}{D^2 * \pi * \nu} = \frac{4Q}{D\pi\nu}$$

El material a utilizar para la tubería es hierro galvanizado, el cual tiene una rugosidad de $e = 0,0005$

La viscosidad cinemática para el agua a 28 °C es $\nu = 0,8e^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Se asumirá un diámetro inicial de 2" con el cual se presentaran los cálculos tipo, después en una tabla de Excel se hará el cálculo para los otro diámetros y se escogerá el que mejor satisfaga las necesidades tanto técnicas como económicas.

Para $d=2''$

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} = \frac{V * D}{\nu} = \frac{4Q * D}{D^2 * \pi * \nu} = \frac{4Q}{D\pi\nu} = \frac{4 * 0,0072}{0,0525 * \pi * 8e^{-7}} = 2,18e^6$$

Con el diámetro de la tubería, el tipo de material y la figura 8.14⁹, se obtiene la rugosidad relativa que para este caso es de $e/d = 0,003$.

⁹ Factor de fricción para flujos completamente desarrollado en tuberías circulares; Introducción a la mecánica de Fluidos, Robert Fox - Alan McDonald.

Con el numero de Reynolds, la rugosidad relativa y la figura 8.15¹⁰, se obtiene el factor de fricción, el cual es igual a $f = 0,02$.

Con los anteriores datos podemos calcular la perdida presión a través de la tubería y compararla con la perdida admisible.

$$P_1 - P_2 = f \frac{8 * Q^2 * \rho}{D^4 * \pi^2} * \left(\frac{L}{D} + 333 \right)$$

$$7 = 0,02 * \frac{8 * 0,0072^2 * 997}{0,0525^4 * \pi^2} * \left(\frac{130}{0,0525} + 333 \right)$$

$$7 \leq 44,93 \text{ psi}$$

Con un diámetro de 2" para la tubería principal se tiene una caída de presión de 44,93 psi, la cual no es aceptable.

A continuación se presenta una tabla con los diámetros supuestos y la respectiva perdida para cada diámetro.

Tabla 31. Resumen de datos sobre el diseño de la tubería de agua.

Datos de entrada				Perdidas menores Le/D
Q (m3/seg)	v (m2/seg)	L(m)	ρ (kg/m3)	
0,0072	8,00E-07	130	997	333

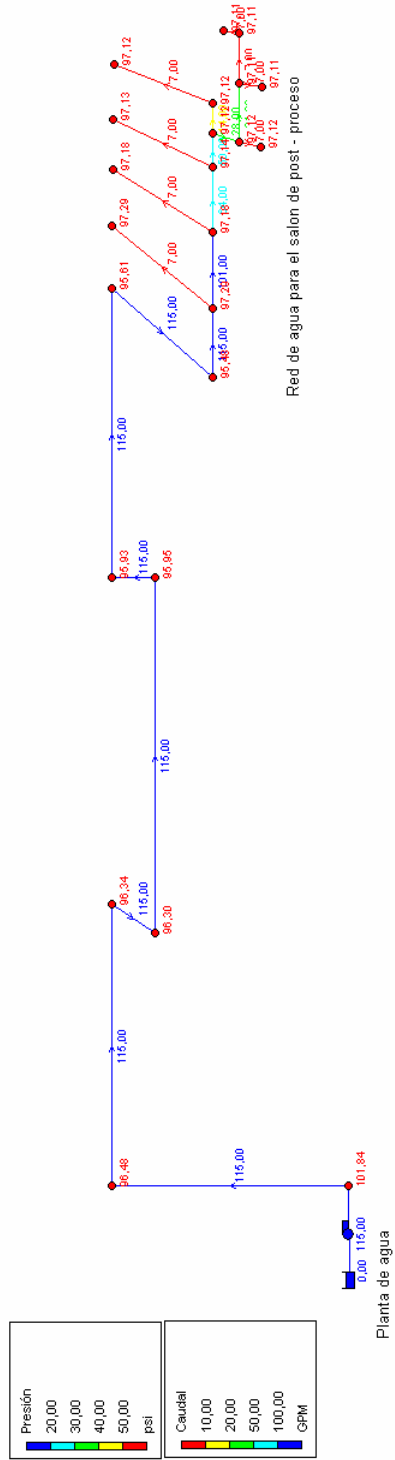
Di (pulg)	Datos de tabla		Resultados			
	e/D	f	Re	P1-P2 (Pa)	P1-P2 (psi)	V (m/s)
2,067	0,003	0,02	2,18E+06	309778,79	44,93	3,3258
2,469	0,0025	0,019	1,83E+06	123814,39	17,96	2,331
3,068	0,002	0,018	1,47E+06	40922,51	5,94	1,5096
4,026	0,0015	0,017	1,12E+06	10448,29	1,52	0,8767

Estos datos fueron corroborados mediante el uso de un software de análisis de fluidos EPANET, los resultados se muestran a continuación:

Figura 21. Red de agua principal y red de agua para el salón de post – proceso.

¹⁰ Rugosidades relativas para tuberías de materiales comúnmente utilizados en la ingeniería; Introducción a la mecánica de Fluidos, Robert Fox – Alan McDonald.

Red de agua principal



A continuación se presentan los datos obtenidos de EPANET para el análisis de la tubería con diferentes diámetros:

Tabla 32. Resultados de Epanet para la tubería de 2”

Estado de las Líneas de la Red						
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Factor Fricción
ID Línea	pies	pulg	pies	GPM	pies/s	
Tubería 2	4,5	2,067	0,15	115	11	0,786
Tubería 4	10,5	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 5	3	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 6	26	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 7	1,5	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 8	24	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 9	10	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 3	10,3	2,067	0,15	115	11	0,021
Tubería 10	10	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 11	10,3	2,067	0,15	101	9,66	0,021
Tubería 12	10	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 13	10,3	2,067	0,15	64	6,12	0,022
Tubería 14	10	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 16	10	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 24	5,3	2,067	0,15	14	1,34	0,028
Tubería 25	5,3	2,067	0,15	50	4,78	0,023
Tubería 26	3	2,067	0,15	28	2,68	0,024
Tubería 27	3	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 29	3	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Tubería 30	5	2,067	0,15	21	2,01	0,026
Tubería	5	2,067	0,15	7	0,67	0,032

31						
Tubería 32	3	2,067	0,15	7	0,67	0,032
Bomba 1	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	115	0	0

Estado de los Nudos de la Red			
	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	GPM	pies	psi
Nudo 2	0	235,04	101,84
Nudo 3	0	196,48	83,18
Nudo 4	0	194,09	82,15
Nudo 5	0	193,4	81,85
Nudo 6	0	187,49	79,29
Nudo 7	0	187,15	79,14
Nudo 8	0	181,68	76,77
Nudo 9	0	179,41	75,79
Nudo limpieza2	7	177,05	76,72
Nudo limpieza3	7	175,22	75,92
Nudo limpieza4	7	174,46	75,59
Nudo limpieza5	7	174,19	75,48
Nudo limpieza6	7	174,18	75,47
Nudo limpieza1	7	177,06	76,72
Nudo Lavadora	30	175,24	75,93
Nudo limpieza7	7	174,47	75,6
Nudo limpieza8	7	174,2	75,48
Nudo Lavamanos	8	174,23	75,49
Nudo 23	0	174,13	75,45
Nudo limpieza9	7	174,12	75,45
Nudo limpieza10	7	174,13	75,45
Nudo 26	0	174,18	75,47
Nudo Lavamanos2	7	174,13	75,45

Tabla 33. Resultados de Epanet para la tubería de 2 ½.

Estado de las Líneas de la Red						
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Factor Fricción
ID Línea	pies	pulg	pies	GPM	pies/s	
Tubería 2	4,5	2,469	0,15	115	7,71	0,935
Tubería 4	10,5	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 5	3	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 6	26	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 7	1,5	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 8	24	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 9	10	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 3	10,3	2,469	0,15	115	7,71	0,021
Tubería 10	10	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 11	10,3	2,469	0,15	101	6,77	0,021
Tubería 12	10	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 13	10,3	2,469	0,15	64	4,29	0,022
Tubería 14	10	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 16	10	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 24	5,3	2,469	0,15	14	0,94	0,028
Tubería 25	5,3	2,469	0,15	50	3,35	0,023
Tubería 26	3	2,469	0,15	28	1,88	0,025
Tubería 27	3	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 29	3	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 30	5	2,469	0,15	21	1,41	0,026
Tubería 31	5	2,469	0,15	7	0,47	0,033
Tubería 32	3	2,469	0,15	7	0,47	0,033

Bomba 1	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	115	0	0
---------	-----------	-----------	-----------	-----	---	---

Estado de los Nudos de la Red			
	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	GPM	pies	psi
Nudo 2	0	235,04	101,84
Nudo 3	0	216,19	91,72
Nudo 4	0	215,22	91,3
Nudo 5	0	214,94	91,18
Nudo 6	0	212,54	90,14
Nudo 7	0	212,4	90,08
Nudo 8	0	210,19	89,12
Nudo 9	0	209,26	88,72
Nudo limpieza2	7	208,31	90,26
Nudo limpieza3	7	207,57	89,94
Nudo limpieza4	7	207,25	89,8
Nudo limpieza5	7	207,14	89,75
Nudo limpieza6	7	207,14	89,75
Nudo limpieza1	7	208,31	90,26
Nudo Lavadora	30	207,57	89,94
Nudo limpieza7	7	207,26	89,81
Nudo limpieza8	7	207,15	89,76
Nudo Lavamanos	8	207,16	89,76
Nudo 23	0	207,12	89,74
Nudo limpieza9	7	207,11	89,74
Nudo limpieza10	7	207,12	89,74
Nudo 26	0	207,14	89,75
Nudo Lavamanos2	7	207,12	89,74

Tabla 34 .Resultados de Epanet para la tubería de 3”

Estado de las Líneas de la Red						
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Factor Fricción
ID Línea	pies	pulg	pies	GPM	pies/s	
Tubería 2	4,5	3,068	0,15	115	4,99	1,157
Tubería 4	10,5	3,068	0,15	115	4,99	0,02

Tubería 5	3	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 6	26	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 7	1,5	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 8	24	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 9	10	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 3	10,3	3,068	0,15	115	4,99	0,02
Tubería 10	10	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 11	10,3	3,068	0,15	101	4,38	0,021
Tubería 12	10	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 13	10,3	3,068	0,15	64	2,78	0,022
Tubería 14	10	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 16	10	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 24	5,3	3,068	0,15	14	0,61	0,029
Tubería 25	5,3	3,068	0,15	50	2,17	0,023
Tubería 26	3	3,068	0,15	28	1,22	0,025
Tubería 27	3	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 29	3	3,068	0,15	7	0,3	0,034
Tubería 30	5	3,068	0,15	21	0,91	0,027
Tubería 31	5	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Tubería 32	3	3,068	0,15	7	0,3	0,035
Bomba 1	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	115	0	0

Estado de los Nudos de la Red			
	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	GPM	pies	psi
Nudo 2	0	235,04	101,84
Nudo 3	0	227,17	96,48

Nudo 4	0	226,84	96,34
Nudo 5	0	226,75	96,3
Nudo 6	0	225,95	95,95
Nudo 7	0	225,9	95,93
Nudo 8	0	225,16	95,61
Nudo 9	0	224,85	95,48
Nudo limpieza2	7	224,53	97,29
Nudo limpieza3	7	224,28	97,18
Nudo limpieza4	7	224,17	97,13
Nudo limpieza5	7	224,14	97,12
Nudo limpieza6	7	224,13	97,12
Nudo limpieza1	7	224,53	97,29
Nudo Lavadora	30	224,28	97,18
Nudo limpieza7	7	224,18	97,14
Nudo limpieza8	7	224,14	97,12
Nudo Lavamanos	8	224,14	97,12
Nudo 23	0	224,13	97,11
Nudo limpieza9	7	224,13	97,11
Nudo limpieza10	7	224,13	97,11
Nudo 26	0	224,13	97,12
Nudo Lavamanos2	7	224,13	97,11

Tabla 35. Resultados de Epanet para la tubería de 4”:

Estado de las Líneas de la Red						
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Factor Fricción
ID Línea	pies	pulg	pies	GPM	pies/s	
Tubería 2	4,5	4,026	0,15	115	2,9	1,511
Tubería 4	10,5	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 5	3	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 6	26	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 7	1,5	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 8	24	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 9	10	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 3	10,3	4,026	0,15	115	2,9	0,021
Tubería 10	10	4,026	0,15	7	0,18	0,038
Tubería 11	10,3	4,026	0,15	101	2,55	0,021

Tubería 12	10	4,026	0,15	7	0,18	0,037
Tubería 13	10,3	4,026	0,15	64	1,61	0,023
Tubería 14	10	4,026	0,15	7	0,18	0,037
Tubería 16	10	4,026	0,15	7	0,18	0,037
Tubería 24	5,3	4,026	0,15	14	0,35	0,031
Tubería 25	5,3	4,026	0,15	50	1,26	0,024
Tubería 26	3	4,026	0,15	28	0,71	0,026

Tabla 36. Cuadro de pérdidas de presión y velocidades para los diferentes diámetros.

Diámetro de la tubería	Pérdida de presión (psi) [bar]	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)
2"	26,39 [1,81]	3,3528	0,204216
2 ½ "	12,1 [0,83]	2,350008	0,143256
3"	4,73 [0,32]	1,520952	0,09144
4"	1,48 [0,10]	0,88392	0,054864

De acuerdo a los siguientes parámetros de diseño se determinara el diámetro de la tubería.

**Velocidades utilizadas para el flujo
de agua en tuberías**

Servicio	Velocidad
Alimentación de calderas	2.4 a 4.6 m/s (8 a 15 pie/s)
Succión de bombas y líneas de descarga	1.2 a 2.1 m/s (4 a 7 pie/s)
Servicios generales	1.2 a 3.0 m/s (4 a 10 pie/s)
Distribución de agua potable	hasta 2.1 m/s (7 pie/s)

Caída de presión en 100 metros y velocidad en tuberías de cédula 40, para agua a 15°C

Caudal (litros por minuto)	Veloci- dad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Veloci- dad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Veloci- dad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Veloci- dad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	Veloci- dad (metros por segundo)	Caída de presión (bar)	
60	0.462	0.055	0.324	0.023	3"	0.280	0.014	0.235	0.008	2.89	5.41
70	0.539	0.098	0.378	0.031							
80	0.616	0.092	0.432	0.039	3 1/2"	0.315	0.017	0.261	0.010	3.85	9.27
90	0.693	0.115	0.486	0.048							
100	0.770	0.141	0.540	0.059	0.350	0.020	0.392	0.021	0.405	0.019	
150	1.15	0.295	0.810	0.125	0.524	0.042	0.523	0.036	0.507	0.028	
200	1.54	0.512	1.08	0.212	0.699	0.072	0.653	0.053	0.608	0.040	
250	1.92	0.773	1.35	0.322	0.874	0.108	0.784	0.074	0.710	0.053	
300	2.31	1.10	1.62	0.449	1.05	0.152	0.915	0.099	0.811	0.068	
350	2.69	1.47	1.89	0.606	1.22	0.203	1.05	0.128	0.912	0.084	
400	3.08	1.92	2.16	0.780	1.40	0.264	1.18	0.161			
435	3.46	2.39	2.43	0.979	1.57	0.329					
435					1.42	0.31					

Fuente: Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías CRANE (ver Anexo I)

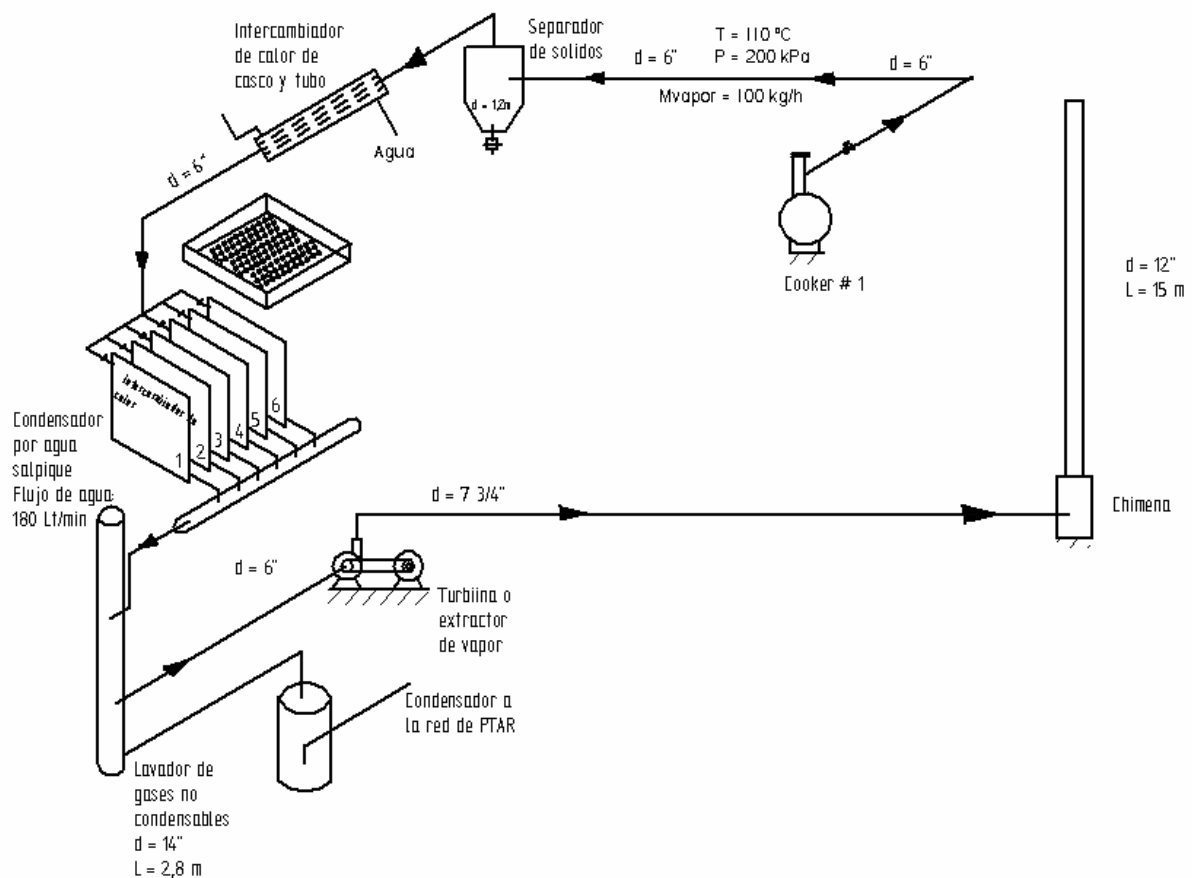
La tubería que cumple con la velocidad recomendada de acuerdo a la aplicación (Distribución de agua potable hasta 2,1 m/s) y con la caída de presión de 0,31 bar es la de 3".

4.5. DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Los requerimientos de limpieza dentro del salón implican el uso de agua caliente a 55°C¹¹ motivo por el cual se diseñara un intercambiador de calor que suministre dicha agua.

El intercambiador de calor será instalado en el sistema de eliminación de olores del cual se aprovechara el vapor de desecho generado por la cocción de los subproductos del pollo.

Figura 22. Esquema de montaje del intercambiado en el sistema eliminador de olores.



¹¹ Según Meyn, fabricante de equipos para la industria alimenticia.

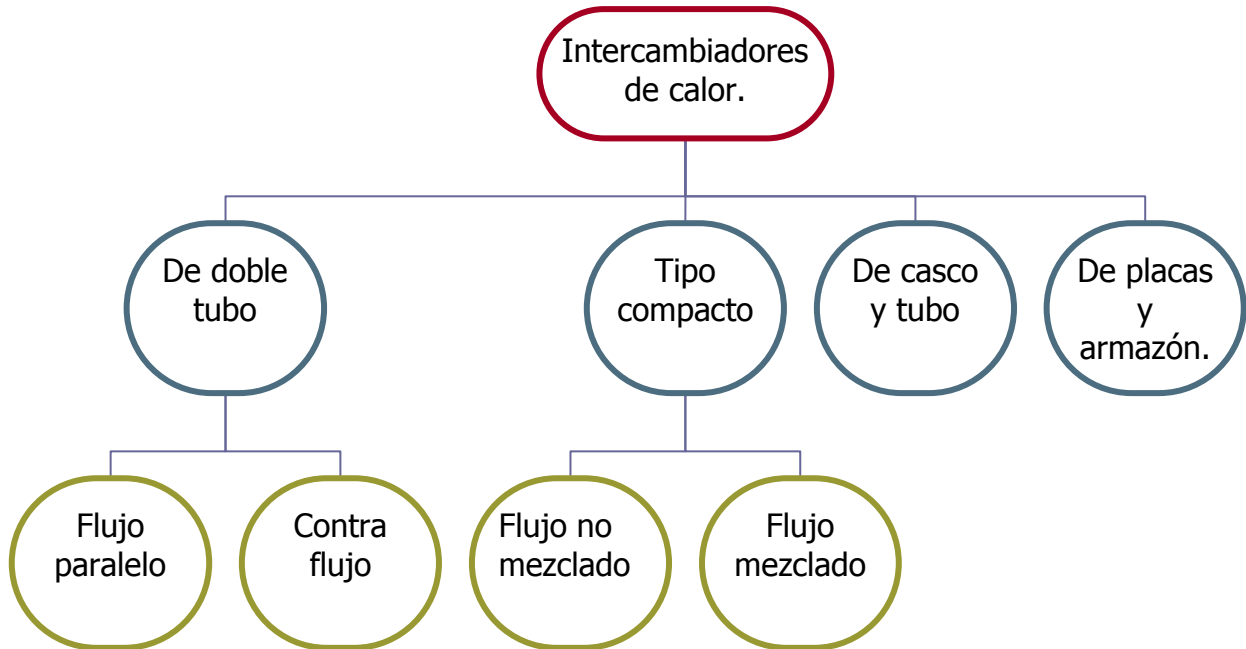
El agua caliente será almacenada en un tanque para mantendrá disponible al momento de hacer la limpieza.

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera sólida o que se encuentren en contacto. Los intercambiadores de calor tienen gran aplicación en la industria de la refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y en procesos químicos.

4.5.1. Clases de intercambiadores de calor.

El intercambiador de calor es uno de los equipos industriales más frecuentes, los cuales tienen grandes aplicaciones en la industria en procesos de enfriamiento o calentamiento esto es propio de cualquier proceso que maneje energía. Existen muchas variaciones en los diseños de intercambiadores de calor, ciertas ramas de la industria han desarrollado intercambiadores muy especializados para aplicaciones puntuales, lo cual hace muy extensa su caracterización, a continuación se presenta una clasificación de los más utilizados en la industria.

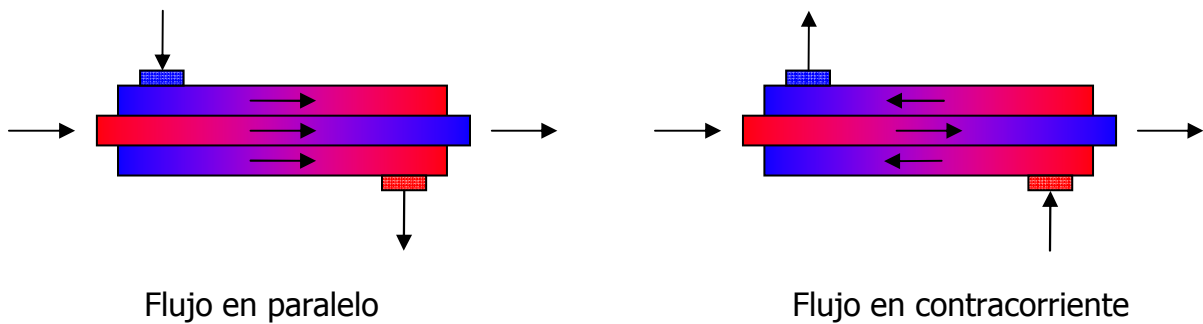
Figura 27. Tipos de intercambiadores.



- Intercambiador de doble tubo:

Este consta de dos tubos concéntricos, por el tubo interno circula uno de los fluidos, mientras que el otro fluido circula por el espacio anular. Dependiendo del sentido del flujo se clasifica en Flujo paralelo y Flujo contracorriente, este intercambiador se muestra en la Figura 19

Figura 23. Intercambiador de doble tubo.



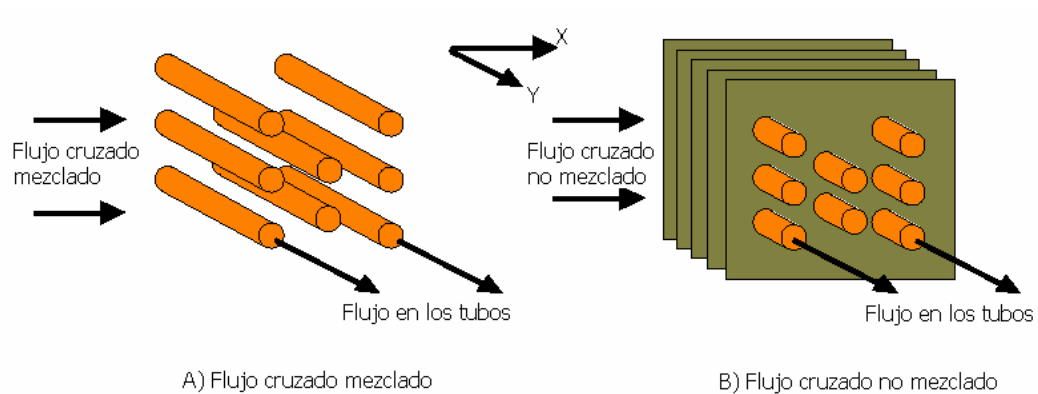
- Intercambiadores tipo compacto.

Están diseñados para lograr una área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen, $b = A_s / V$ mayores que $700 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ se denominan intercambiadores de calor compacto, debido a su pequeño tamaño y peso, los intercambiadores de calor compactos prevalecen en la industria automotriz, industria aéreo - espacial y en sistemas marinos.

Los intercambiadores en flujo cruzado se utilizan comúnmente en procesos de enfriamiento o calentamiento de aire o gas. Las dos configuraciones difieren de acuerdo si el fluido que se induce sobre los tubos esta mezclado o sin mezclar. Un fluido se dice que esta sin mezclar debido a que las aletas previenen el movimiento en la dirección (y) que es la dirección transversal a la dirección del flujo principal (x). En este caso la temperatura del fluido varía con x y con y. (ver Figura 20)

En contraste para el haz de tubo sin aletear, el movimiento del fluido, se dice que esta mezclado ya que la temperatura no cambia en la dirección transversal, siendo función exclusiva de la dirección del flujo principal. Dado que el flujo dentro de los tubos esta sin mezclar, ambos fluidos se dicen que están sin mezclar en el intercambiador aleteado, mientras que un fluido esta mezclado y el otro sin mezclar en el intercambiador no- aleteado. Es importante destacar que la condición de mezclado y sin mezclar del intercambiador influencia significativamente el funcionamiento del intercambiador de calor.

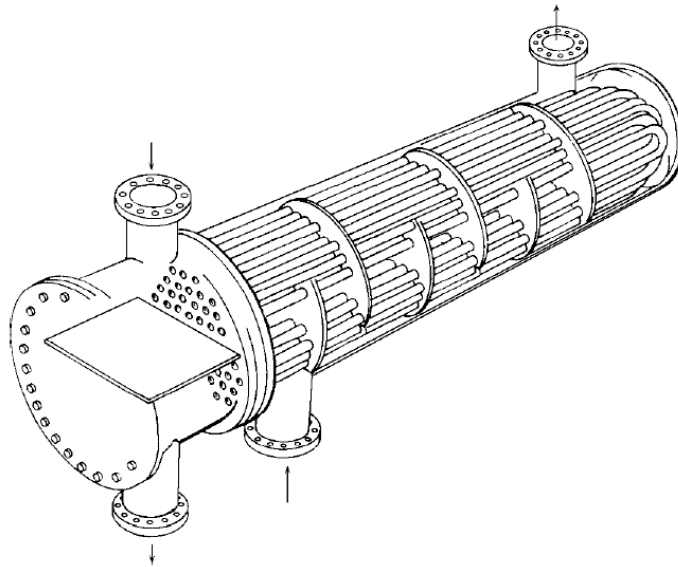
Figura 24. Intercambiador tipo compacto.



- Intercambiador de casco y tubo.

Es el intercambiador más ampliamente usado en la industria. (ver Figura 21) En este intercambiador se genera la transferencia de calor por un fluido fluye por el interior de los tubos, mientras el otro es forzado a través del casco y sobre el exterior de los tubos. Para asegurar que el fluido por el lado de la casco fluya a través de los tubos e induzca una mayor transferencia de calor, se colocan, deflectores ó placas verticales. Es corriente encontrar intercambiadores de calor de 2, 4, 8, etc. pasos de tubos.

Figura 25. Intercambiador de casco y tubo.

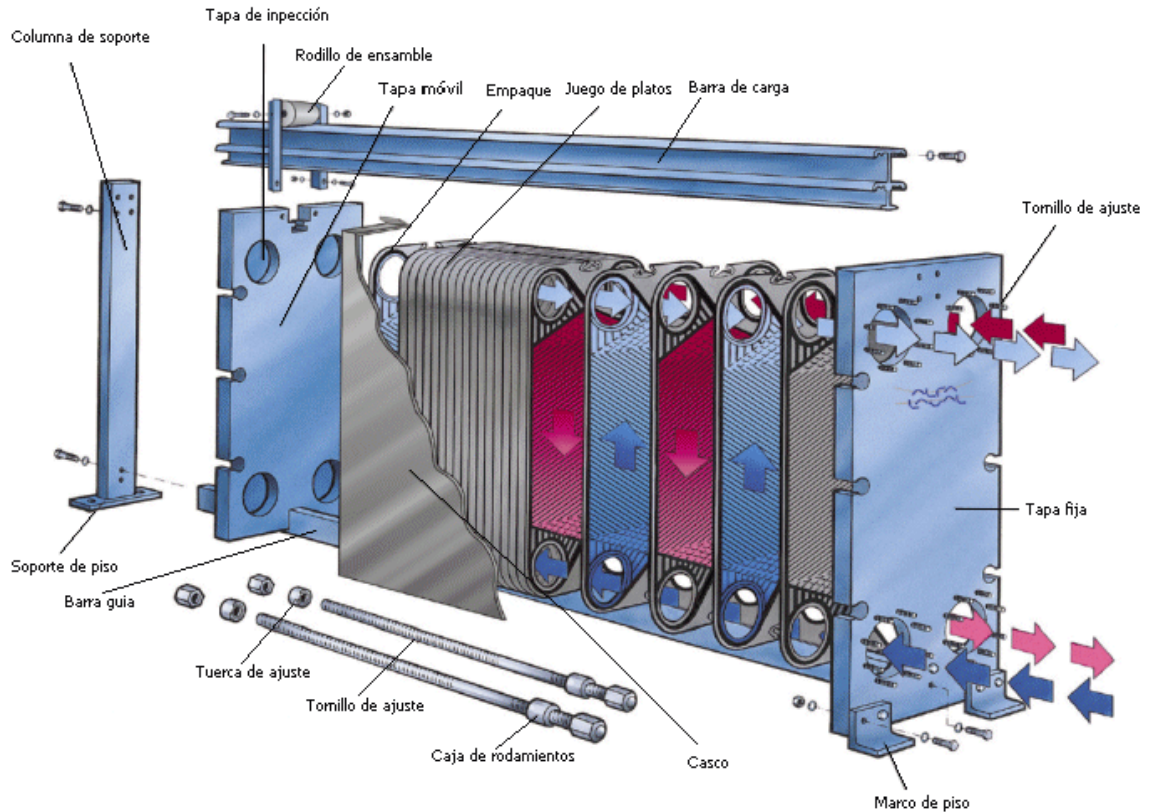


Fuente:<http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/IngenieriaTermica/Teoria/PDFs/17.pdf>

- Intercambiador de placas y armazón:

Costa de una serie de placas con pasos corrugados y aplastados para el flujo, como se ve en la Figura 22. Los fluidos calientes y fríos fluyen por pasos alternados, de este modo cada corriente de fluido frío queda rodeada por dos corrientes de fluido caliente, lo que da como resultado una transferencia de calor muy eficaz. De igual manera este tipo de intercambiador puede crecer al aumentar la demanda de transferencia de calor sencillamente montando más placas.

Figura 26. Intercambiador de placas y armazón.



Fuente: http://www.cheresources.com/heat_transfer_basics.shtml

El intercambiador a diseñar será empleado para proveer agua caliente al salón de post-proceso la cual se utilizara para el lavado de los equipos, el tipo de intercambiador a utilizar será el de casco y tubo ya que es de fácil construcción en el medio local, fácil mantenimiento y limpieza, además el área donde ha de ser instalado este equipo es ideal para un intercambiador de casco y tubo ya que se instalara a una línea de vapor que se conecta a un sistema complementario de placas, esta será interrumpida para instalar este equipo, lo cual significa que se debe mantener la misma altura el punto de entrada y salida del intercambiador.

4.5.2. Cálculos de diseño del intercambiador de calor.

Como ya se comentó anteriormente el intercambiador se conectará a una línea de vapor de desecho, producto de la cocción de los subproductos de pollo. En esta línea el vapor se analizará como si fuera vapor de agua aunque contiene otros componentes. La temperatura del vapor es aproximadamente de 130 °C.

El agua proveniente del intercambiador será almacenada en un tanque con lo cual se buscará una fuente de disponibilidad inmediata para los procesos de limpieza, de este mismo tanque se tomará el agua para alimentar el intercambiador es decir se realizará una recirculación del agua.

Se recomienda que la temperatura del agua para la limpieza de los equipos deba ser 55°C¹².

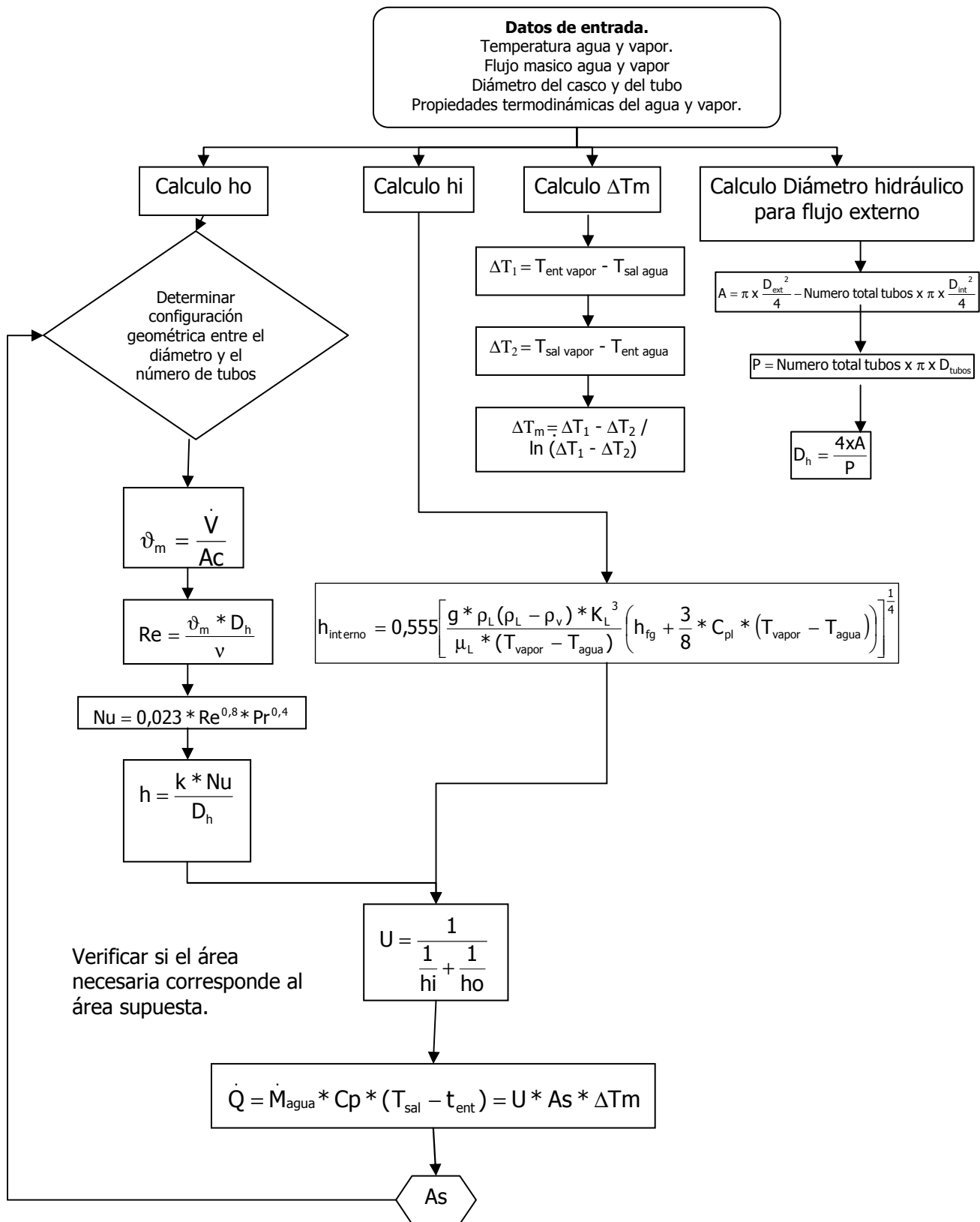
Se utilizará el método de la diferencia media logarítmica ya que este método me permite seleccionar el intercambiador de calor que logre un cambio de temperatura específica, el gasto de masa para este intercambiador será la variable a determinar, al igual que la geometría del mismo.

Tabla 37. Datos de diseño para el intercambiador de casco y tubo.

$T_{ent\ agua}$	35	°C
$T_{sal\ agua}$	50	°C
m_{agua}	60	gpm
$T_{entrada\ vapor}$	110	°C
m_{vapor}	100	Kg/h
Diámetro del casco	11	pulgadas

¹² Según Meyn, fabricante de equipos para la industria alimenticia.

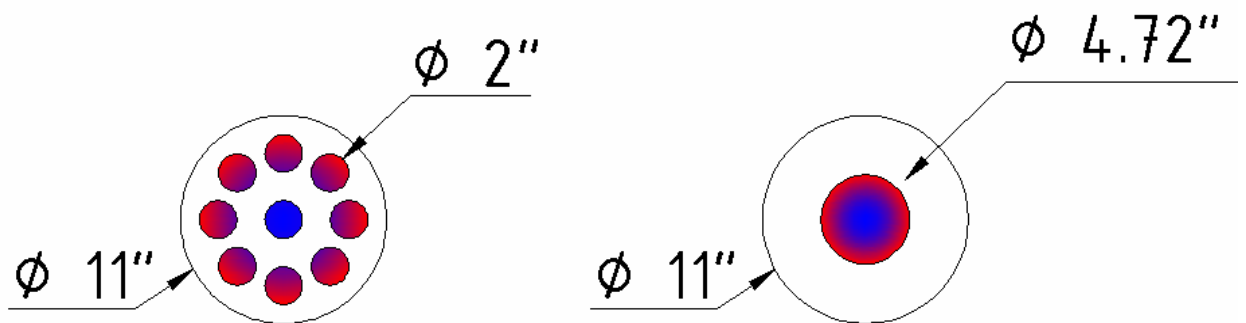
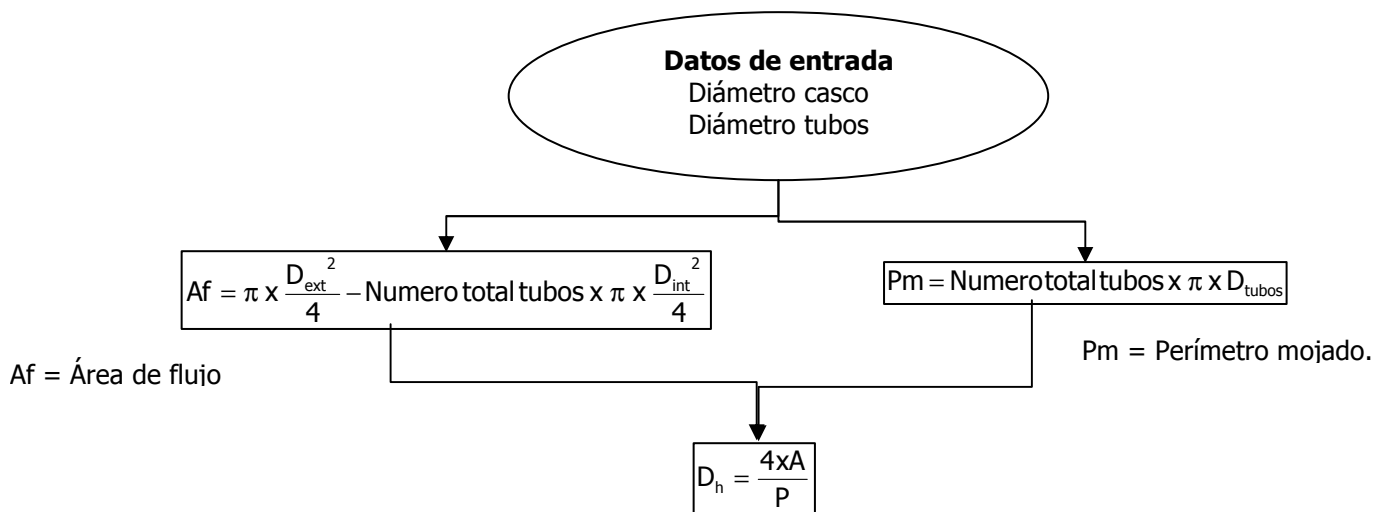
El procedimiento que se llevara a cabo para el diseño del intercambiador es el siguiente:



4.5.2.1. Cálculo del diámetro hidráulico.

Como se tiene una distribución de haz de tubos para el flujo del vapor se determinará un diámetro hidráulico.

Figura 27. Procedimiento para calcular el diámetro hidráulico.



Cálculo del área de flujo:

$$A = \pi \times \frac{D_{ext}^2}{4} - \text{Numero total tubos} \times \pi \times \frac{D_{int}^2}{4}$$

$$A = \pi \times \frac{11^2}{4} - 9 \times \pi \times \frac{2^2}{4} \quad \therefore A = 66,75 \text{ pulg}^2$$

Calculo del perímetro mojado:

$$P = \text{Numero total tubos} \times \pi \times D_{\text{tubos}}$$

$$P = 9 \times \pi \times 2'' \quad \therefore P = 56,54 \text{ pulg}$$

Calculo del diámetro hidráulico:

$$D_{\text{hidraulico}} = \frac{4 \times A}{P}$$

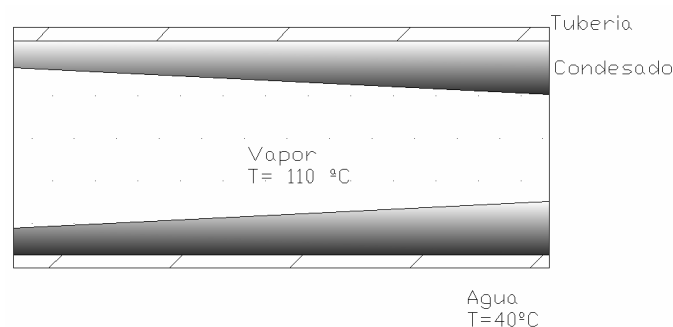
$$D_{\text{hidraulico}} = \frac{4 \times 66,75}{56,54} \quad \therefore D_h = 4,72 \text{ pulg} \approx 0,1198 \text{ mts}$$

4.5.2.2. Calculo de la diferencia media logarítmica:

Para realizar el balance de energía es necesario primero conocer los datos de entrada disponibles y determinar las propiedades de los fluidos.

Tabla 38. Datos de entrada para el diseño.

Datos de entrada		
$T_{\text{ent agua}}$	35	°C
$T_{\text{sal agua}}$	50	°C
$T_{\text{promedio agua}}$	42,5	°C
$T_{\text{ent vapor}}$	110	°C



Propiedades del agua líquida a la temperatura de la película:

$$T_f = (T_{\text{vapor}} + T_{\text{agua}})/2 = (110 + 42,5) / 2$$

$$T_f \cong 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabla 39. Propiedades del agua y el vapor para el diseño.

Propiedades de agua @ 75 °C	Propiedades de vapor agua @ 115 °C
$\rho_L = 974,7 \text{ Kg / m}^3$	$\rho_v = 0,8263 \text{ Kg / m}^3$
$Cp_L = 4,193 \text{ Kg/m}^3$	$h_{fg} = 2230 \text{ KJ/KG}$
$\mu_L = 0,378 \times 10^{-3} \text{ Kg / m}^*s$	
$K_L = 0,667 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	

Calculo de la diferencia de temperatura

$$\Delta T_1 = T_{\text{ent vapor}} - T_{\text{sal agua}} \quad 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T_{\text{sal vapor}} - T_{\text{ent agua}} \quad 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

Calculo de la diferencia de temperatura media logarítmica

$$\Delta T_{\mu\lambda} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\lambda v (\Delta T_1 - \Delta T_2)} = \frac{60 - 75}{\text{LN}(60 / 75)} = 67,2213 \text{ }^\circ\text{C}$$

Aplicando la ecuación del calor,

$$Q = U * A_s * \Delta T_{\mu\lambda}$$

Para calcular el coeficiente global de transferencia de calor es necesario analizar el sistema en dos etapas:

4.5.2.3. Calculo del coeficiente de transferencia de calor interno:

1. Etapa: Condensación del vapor de agua dentro de los tubos:

Aplicando la formula para hallar el coeficiente de transferencia de calor por convección para condensación de gases dentro de las tuberías se obtiene:

$$h_{\text{interno}} = 0,555 \left[\frac{g * \rho_L (\rho_L - \rho_v) * K_L^3}{\mu_L * (T_{\text{vapor}} - T_{\text{agua}})} \left(h_{\text{fg}} + \frac{3}{8} * C_{\text{pl}} * (T_{\text{vapor}} - T_{\text{agua}}) \right) \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{\text{interno}} = 0,555 \left[\frac{9,81 \text{ m/s}^2 * 974,7 \text{ Kg/m}^3 (974,7 \text{ Kg/m}^3 - 0,8263 \text{ Kg/m}^3) * 0,667 \text{ W/m}^0 \text{ C}^3}{0,378 \times 10^{-3} \text{ Kg/m} * \text{s} * (110 - 40)} \left(2230 \text{ KJ/KG} + \frac{3}{8} * 4,193 \text{ Kg/m}^3 * (110 - 40) \right) \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{\text{interno}} = 390,218 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}}$$

4.5.2.4. Calculo del coeficiente de transferencia de calor externo:

2. Etapa: Flujo por la sección anular entre tubos concéntricos:

Para analizar el flujo por una sección anular es necesario considerar una corona circular concéntrica con diámetro interior D_i y exterior D_o . El diámetro hidráulico de la corona es:

$$D_{\text{hidraulico}} = 4,72 \text{ pulg} \approx 0,1198 \text{ mts}$$

$$A_c = \frac{1}{4} * \pi * D_h^2$$

$$A_c = \frac{1}{4} * \pi * 0,1198^2 = 0,01127\text{m}^2$$

Se calcula la velocidad media y el número de Reynolds con el fin de determinar el régimen del flujo:

El flujo de agua depende de una bomba de agua marca Pedrollo serie PRO-NGA 1B¹³ la cual determinara el flujo másico de agua del intercambiador, se trabajara con un caudal de 12 m³/h

Propiedades de agua @ 42,5 °C (Tomado tabla A-9¹⁴)

$$\mu = 0,653 * 10^{-3} \text{ Kg/m s}$$

$$\rho = 992,1 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = \mu / \rho = 0,653 * 10^{-3} / 992,1 = 0,658 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr} = 4,32$$

$$K = 0,631 \text{ w/m } ^\circ\text{C}$$

$$v_m = \frac{\dot{V}}{A_c} = \frac{0,2271 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{0,01127 \text{ m}^2} = 20,15 \frac{\text{m}}{\text{min}} \approx 0,335 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\text{Re} = \frac{v_m * D}{\nu} = \frac{0,335 \text{ m/seg} * 0,1198 \text{ m}}{0,658 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 61061,85$$

El cual es mayor a 10.000 y por lo tanto el flujo es turbulento, la longitud de entrada es

$$L_h = 10D = 10 * 0,127 = 1,27\text{m}$$

¹³ Ver Anexo E curva de operación de la bomba para el intercambiador.

¹⁴ Transferencia de calor Yunus-Cengel

La cual es menor que la longitud total del tubo, por tal motivo se puede suponer que se tiene flujo turbulento completamente desarrollado en todo el tubo y se determina el número de Nusselt:

$$Nu = \frac{hD}{K} = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{0,4}$$

$$Nu = 0,023 * 61061,85^{0,8} * 4,32^{0,4}$$

$$Nu = 278,31$$

Ya conocido el número de Nusselt se halla el coeficiente de transferencia de calor:

$$h = \frac{k * Nu}{D}$$

$$h = \frac{0,631 \text{ W/m}^{\circ}\text{C} * 278,31}{0,1198\text{m}}$$

$$h_{\text{externo}} = 1464,15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{oC}}$$

Conocidos los coeficientes de transferencia de calor por convección interno y externo, se determina el coeficiente de transferencia de calor total para este intercambiador:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} = \frac{1}{\frac{1}{390,218} + \frac{1}{1464,15}}$$

$$U = 308,10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{oC}}$$

Haciendo un balance energía al agua de enfriamiento se halla el calor que se va a extraer del vapor.

$$\dot{Q} = \dot{M}_{\text{agua}} * C_p * (T_{\text{sal}} - t_{\text{ent}})$$
$$\dot{Q} = 3,7848 \text{ Kg/seg} * 4,179 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} * (55 - 28)^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = 85,41 \text{ Kw}$$

Entonces se determina el área superficial del intercambiador

$$\dot{Q} = U * A_s * \Delta T_m$$
$$A_s = \frac{\dot{Q}}{U * \Delta T_m}$$
$$A_s = \frac{85410 \text{ w}}{308,1 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C} * 67,6038^\circ\text{C}}$$

$$A_s = 4,1 \text{ m}^2$$

Tabla 40. Resumen del diseño del intercambiador con las posibles configuraciones:

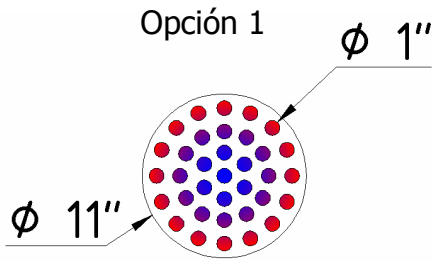
DATOS DE ENTRADA				DIAMETRO HIDRAULICO			
N _{umero}	T _{otal}	T _{ubos}	D _{casco}	D _{Tubo}	A _{neto} (in ²)	P _{mojado} (in)	D _{hidraulico} (mts)
35			11	1	67,54424205	109,9557429	0,062411429
16			11	1,5	66,75884389	75,39822369	0,089958333
9			11	2	66,75884389	56,54866776	0,119944444
7			11	3	45,55309348	65,97344573	0,070152381

hi	ho				
hi	Vm (m/s)	Re	.Nu.	ho	U
390,218	1,237222346	117350,7813	469,3643747	4745,427675	360,5683518
390,218	0,59551568	81415,80255	350,338851	2457,402297	336,7452503
390,218	0,33497757	61061,85191	278,3154476	1464,153244	308,1038667
390,218	0,979244569	104401,7296	427,4521339	3844,806018	354,2630475

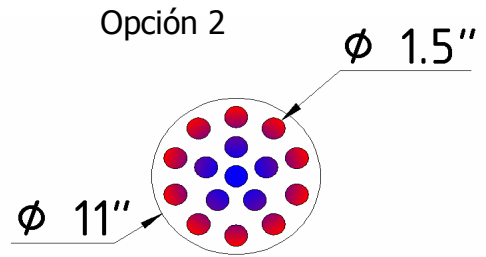
Calor		Verificación	
Q	ΔT_{μ}	As (necesaria)	As (configuración)
85410	67,603	3,503927796	8,378627607
85410	67,603	3,75181378	5,745344645
85410	67,603	4,100582975	4,309008484
85410	67,603	3,566291995	5,027176564

La opción que mejor se ajusta a los requisitos de área necesaria es la opción 3, la cual consiste en 9 tubos de 2" dentro de un casco de 11". (Ver Anexo F)

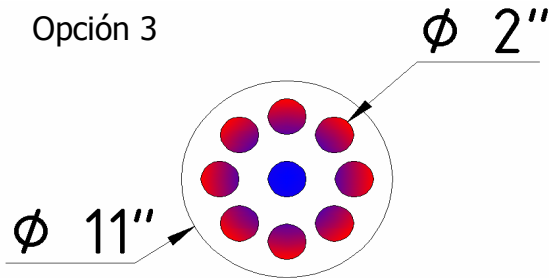
Figura 28. Posibles configuraciones del intercambiador.



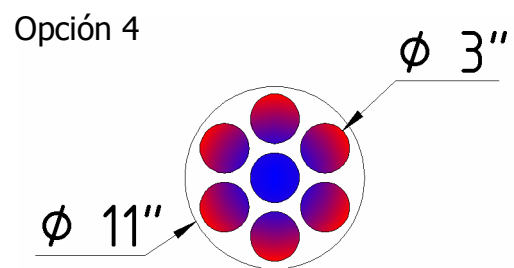
Diámetro plato de tubos	Diámetro haz de tubos	Numero de tubos
11"	1 "	35
Área de transferencia (m2)		
8,378627607		



Diámetro plato de tubos	Diámetro haz de tubos	Numero de tubos
11"	1 1/2 "	16
Área de transferencia (m2)		
5,745344645		



Diámetro plato de tubos	Diámetro haz de tubos	Numero de tubos
11"	2"	9
Área de transferencia (m2)		
4,309008484		



Diámetro plato de tubos	Diámetro haz de tubos	Numero de tubos
11"	3"	7
Área de transferencia (m2)		
5,027176564		

CONCLUSIONES

- Este trabajo de grado permitió el mejoramiento de las instalaciones del área de post – proceso ya que se ha superado lo dificultades que tenían en una inadecuada iluminación, una red de agua que no suministraba el caudal adecuado para el proceso, una red de aire comprimido con inadecuada evacuación de condensados, además de mejorar el proceso de limpieza ya que se cuenta con agua caliente para el lavado.
- Comparando el valor de la iluminancia mínima obtenida con el DIALux y el calculo realizado por procedimiento de tablas y formulas se obtiene un porcentaje de error de un 14%, el cual puede ajustarse seleccionando el grado de reflexión del techo y las paredes, lo cual determina el coeficiente de utilización.
- Por razones de costos la cantidad total de luminarias se redujo de 60 a 27 y una distribución de luminarias no simétrica, se hizo énfasis en la en las áreas de mayor trabajo, para esta distribución la iluminancia calculada para es de 318 lx. (ver Anexo D, análisis con DIALux.)
- La selección de un diámetro de 3” para la tubería principal de agua satisface las necesidades económicas y no hay un gran sacrificio en las perdidas de la tubería, la ganancia económica de instalar esta tubería se basa en que el metro de tubo de 3” es a \$27.300 y el de 4” es a \$40.100 lo que daría un ahorro de \$1’664.000 sin incluir el costo de montaje ni accesorios.
- Porcentaje de error en el calculo de las perdidas de las instalaciones hidráulicas entre el calculo manual y el realizado por Epanet es en

promedio de un 25%, el cálculo manual se aproxima al realizado por el software en igual condiciones para el diámetro de 3" (diámetro técnico y económicamente viable), y se tiene un porcentaje de error considerable para diámetros muy pequeños para este caso el de 2".

- Como puede observarse en la tabla 5, se puede seleccionar conductor tipo THHN o THW-2 (90 °C) para una determinada capacidad de corriente, o un conductor tipo THW (75 °C) del siguiente calibre superior. Aunque éste tiene un costo mayor, las pérdidas de energía son menores y por consiguiente se obtiene un ahorro mes a mes.
- El diseño del intercambiador debió ajustarse a los elementos disponibles que tenía la empresa, sin embargo se alcanzó el objetivo deseado que es el calentamiento de agua hasta los 55°C para los procesos de limpieza.

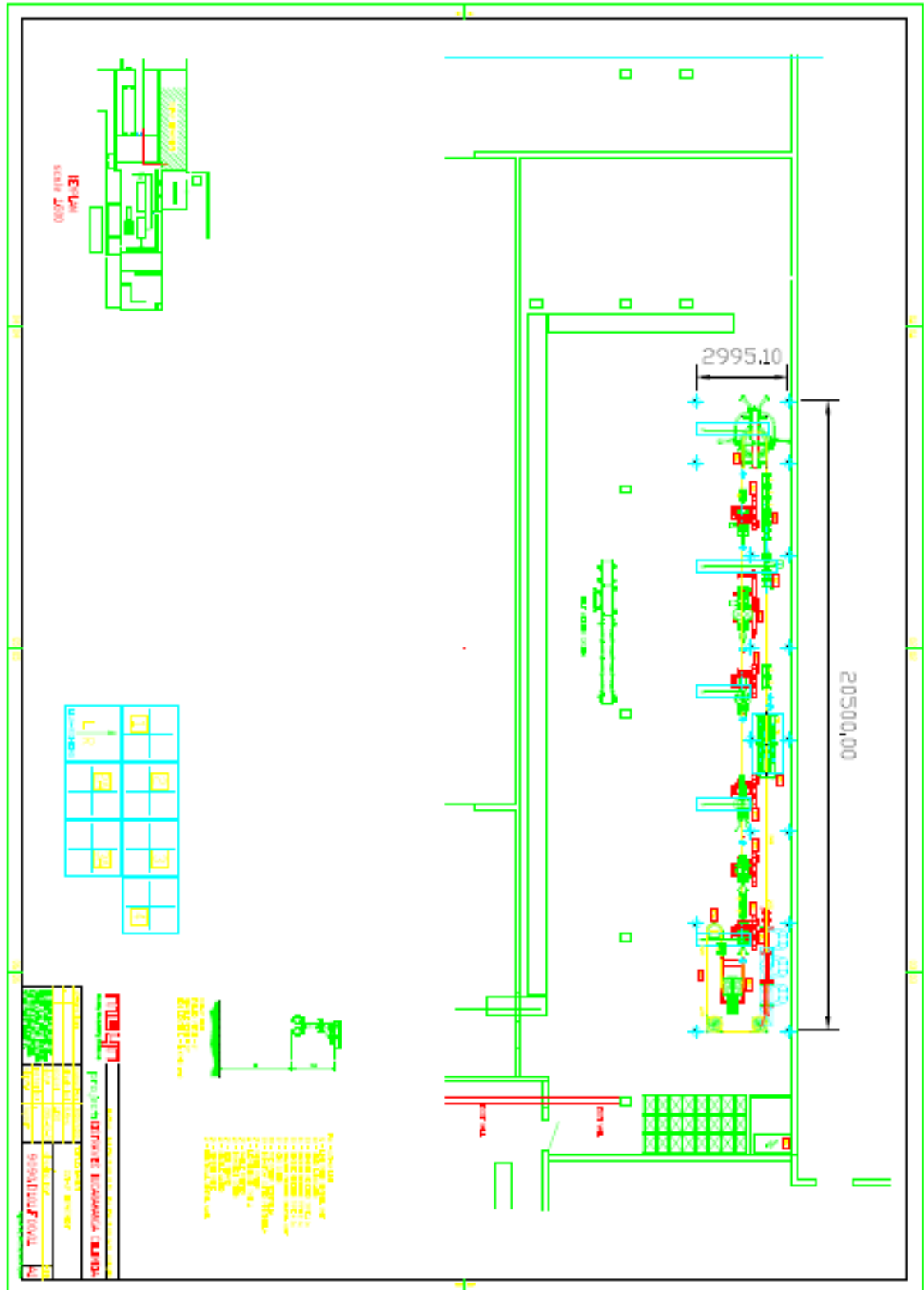
BIBLIOGRAFÍA

- **PUSKA, Compresores de Colombia.** Manual de instrucciones de servicio para electro-compresores.
- **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA DE COLOMBIA,** Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE
- **M.C.Potter; D.C.Wiggert,** Mecánica de fluidos, International thomson editores
- **ABUCHAIBE Arturo, Rodríguez Eduardo,** Aire Comprimido y sus aplicaciones en la industria, Departamento de Comunicaciones de Atlas Copco
- **www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID2.pdf**
Pagina Web del Centro Nacional De Producción Mas Limpia donde presenta un archivo pdf elaborado por Indisa S.A sobre un seminario de sistemas de aire comprimido.
- **www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf**
Pagina web de la Universidad de Castilla la Mancha, presenta los objetivos, los principios básicos, tipos de distribución y una metodología sobre como realizar una adecuada distribución en planta.
- **<http://edison.upc.es/curs/llum/interior/iluint2.html>**
Pagina Web presenta el método de cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores.

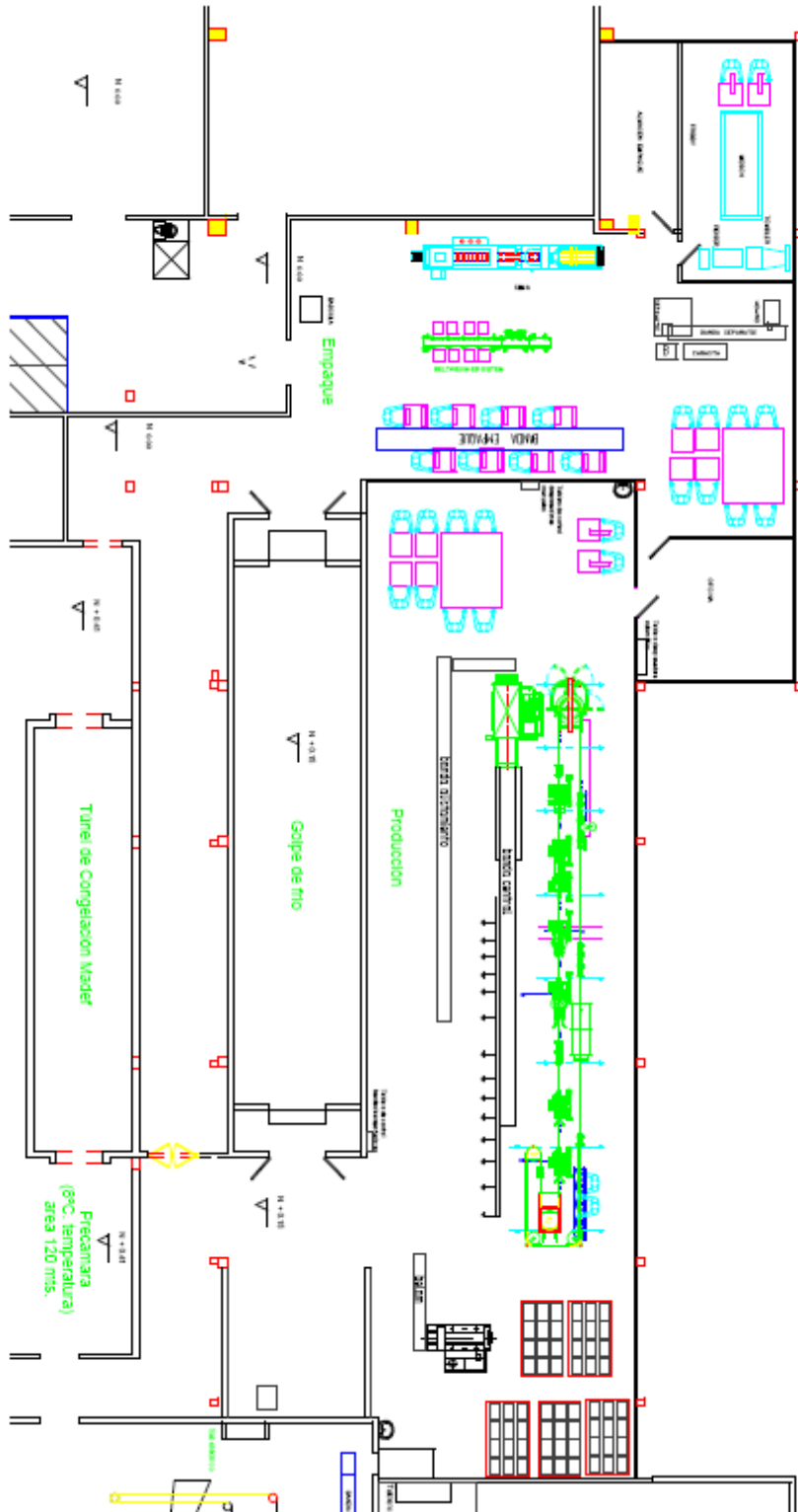
ANEXOS

ANEXO A. PLANOS

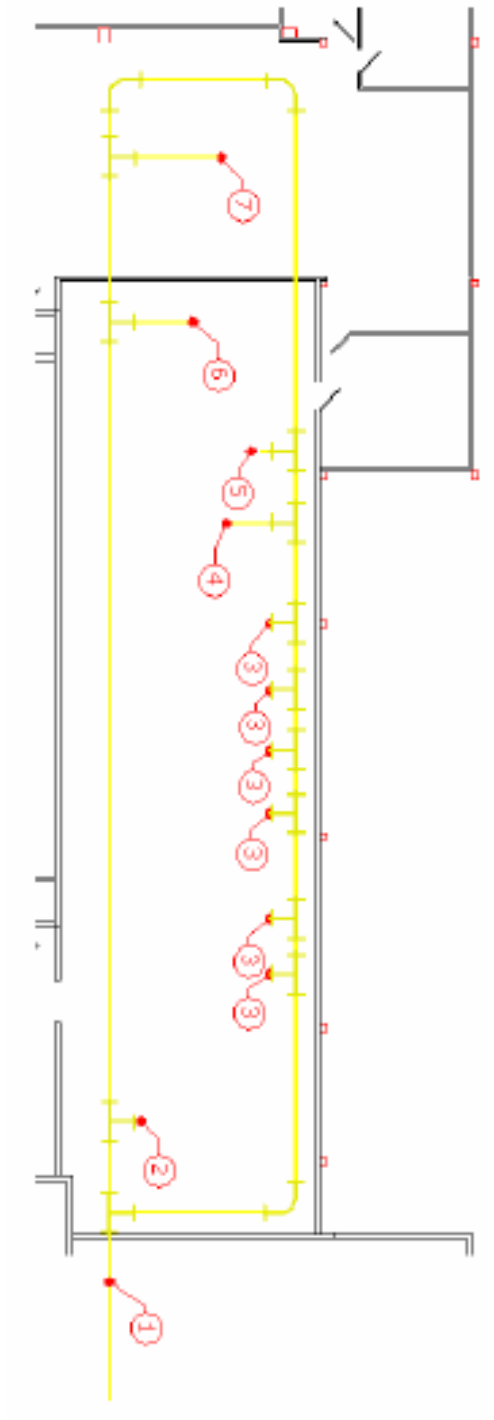
ANEXO A.2 LINEA AUTOMATICA DE DESPRESE.



ANEXO A.3 PROPUESTA DISTRIBUCION EN PLANTA.

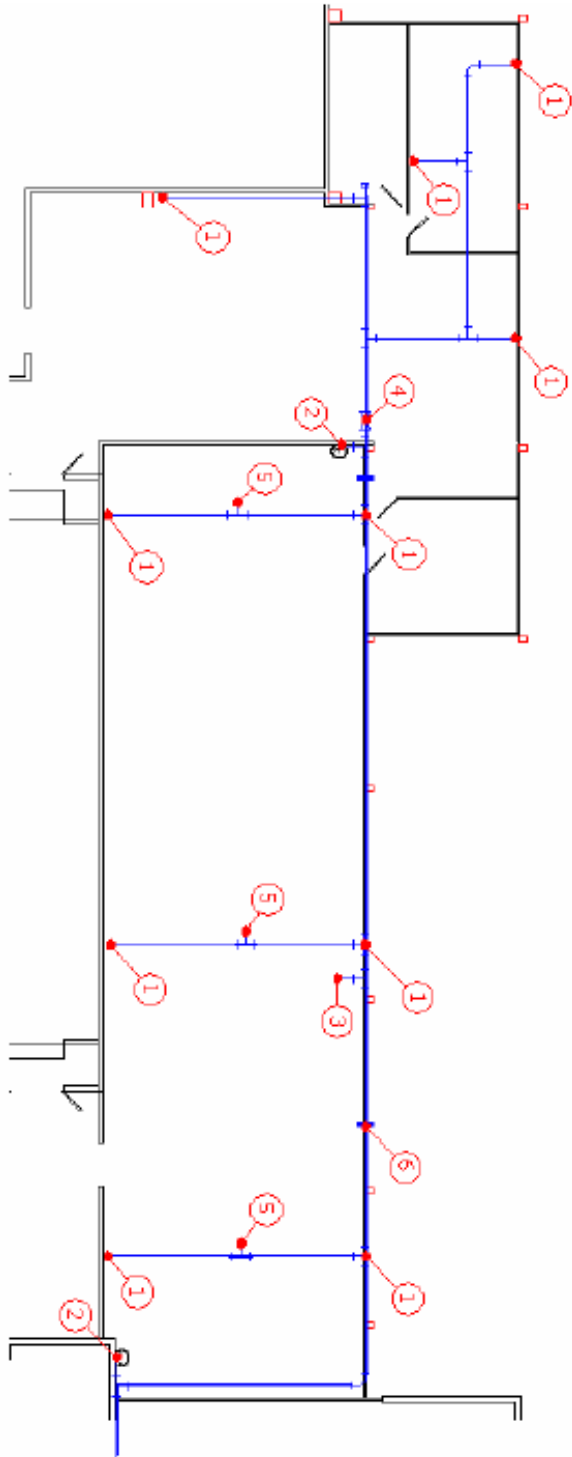


ANEXO A.4 RED DE DISTRIBUCION AIRE COMPRIMIDO.



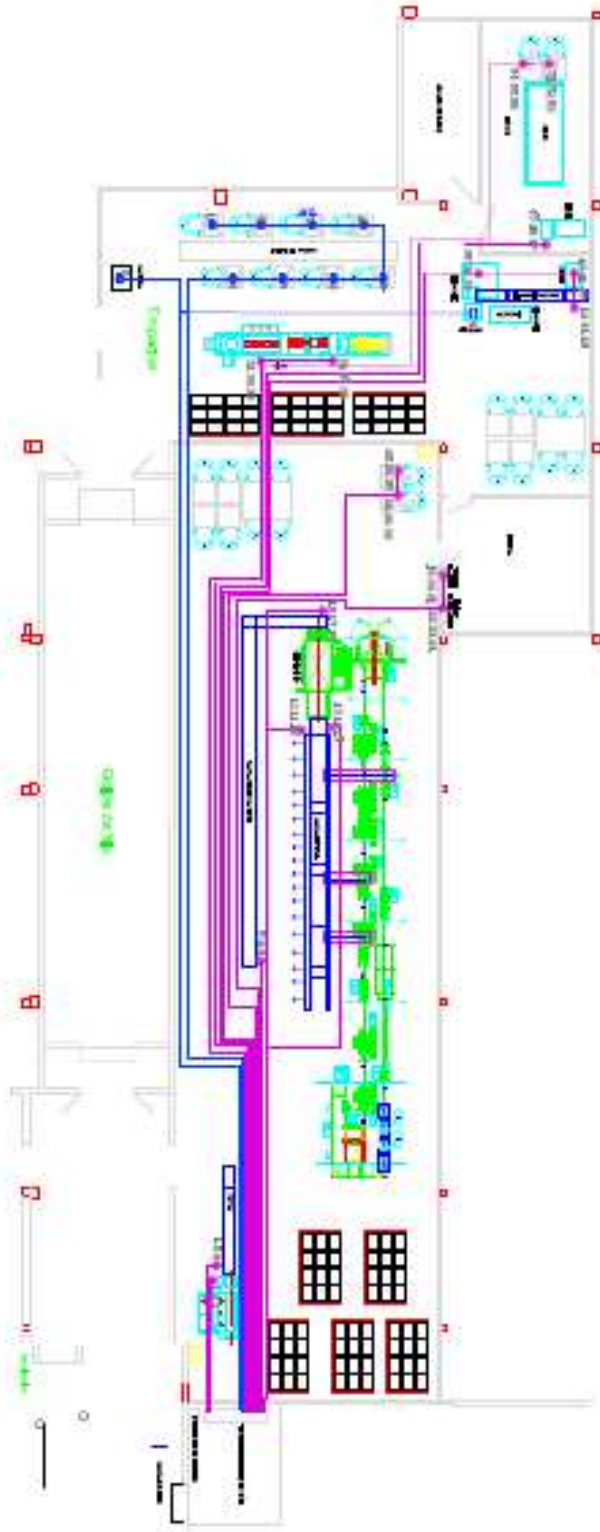
Indicador	EQUIPO	Indicador	EQUIPO
1	Línea principal	5	Clipsadora (Grapadora de ganchos)
2	inyectora Belaim	6	Seleccionadora de presa
3	Despresadora automática (Cilindros elevador módulos de corte)	7	Empacadora de bandeja
4	inyectora Metalquimia		

ANEXO A.5 RED DE DISTRIBUCION AGUA.



Indicador	Equipo	Indicador	Equipo
1	Puntos de limpieza (personal - equipos)	4	Válvula de bola
2	Lavamanos	5	Te para futuras conexiones.
3	Lavadora de ganchos (forma parte de la despresadora automática)	6	Junta universal.

ANEXO A.6 RED ELECTRICA.



**ANEXO B. TABLA DE RESISTENCIA Y REACTANCIA
PARA CABLE 600 V.**

Resistencia y Reactancia para cables de 600V, de 60Hz, 75°C - 3 conductores por ducto

TABLA 5 (NTC 2050 Tabla 5) Omisión a neutro por 300 metros										
Cable AWG o kcmil	Material del ducto	Resistencia (R) para conductores de Aluminio o Cu	Resistencia r.c. para conductores de cobre	Resistencia r.c. para conductores de aluminio	Z Eléctrico con ϕ 0.85		Z Eléctrico con ϕ 1.0		Z Eléctrico con ϕ 1.2	
					Conductor		Conductor		Conductor	
					Cable	Alum.	Cable	Alum.	Cable	Alum.
					R	X	R	X	R	X
14	PVC	0.1903	10.1706	-	0.75	-	0.24	-	10.2	-
	Alum.	0.1903	10.1706	-	0.75	-	0.24	-	10.2	-
	Acero	0.2395	10.1706	-	0.77	-	0.26	-	10.2	-
12	PVC	0.1772	6.5617	10.4987	5.67	9.02	5.98	9.53	6.56	10.5
	Alum.	0.1772	6.5617	10.4987	5.67	9.02	5.98	9.53	6.56	10.5
	Acero	0.2231	6.5617	10.4987	5.69	9.04	6.00	9.55	6.56	10.5
10	PVC	0.1640	3.3870	6.5617	3.43	5.66	3.61	5.98	3.94	6.56
	Alum.	0.1640	3.3870	6.5617	3.43	5.66	3.61	5.98	3.94	6.56
	Acero	0.2067	3.3870	6.5617	3.46	5.69	3.63	6.00	3.94	6.56
8	PVC	0.1706	2.5591	4.2651	2.27	3.72	2.39	3.91	2.56	4.27
	Alum.	0.1706	2.5591	4.2651	2.27	3.72	2.39	3.91	2.56	4.27
	Acero	0.2193	2.5591	4.2651	2.29	3.74	2.40	3.93	2.56	4.27
6	PVC	0.1673	1.6076	2.6575	1.45	2.25	1.52	2.46	1.61	2.66
	Alum.	0.1673	1.6076	2.6575	1.45	2.25	1.52	2.46	1.61	2.66
	Acero	0.2100	1.6076	2.6575	1.49	2.27	1.54	2.48	1.61	2.66
4	PVC	0.1575	1.0171	1.6732	0.947	1.51	0.984	1.57	1.02	1.67
	Alum.	0.1575	1.0171	1.6732	0.947	1.51	0.984	1.57	1.02	1.67
	Acero	0.1969	1.0171	1.6732	0.969	1.53	1.003	1.59	1.02	1.67
2	PVC	0.1476	0.6254	1.0499	0.608	0.970	0.625	1.01	0.623	1.05
	Alum.	0.1476	0.6254	1.0499	0.608	0.970	0.625	1.01	0.626	1.05
	Acero	0.1870	0.6254	1.0499	0.636	0.991	0.672	1.03	0.636	1.05
1	PVC	0.1509	0.5052	0.8202	0.509	0.777	0.521	0.804	0.505	0.820
	Alum.	0.1509	0.5052	0.8202	0.509	0.777	0.521	0.804	0.505	0.820
	Acero	0.1870	0.5052	0.8202	0.531	0.796	0.539	0.820	0.509	0.820
1/0	PVC	0.1444	0.3937	0.6562	0.411	0.634	0.417	0.653	0.394	0.656
	Alum.	0.1444	0.3937	0.6562	0.411	0.634	0.417	0.653	0.394	0.656
	Acero	0.1804	0.3937	0.6562	0.430	0.653	0.433	0.669	0.394	0.656
2/0	PVC	0.1411	0.3281	0.5249	0.353	0.521	0.357	0.534	0.328	0.525
	Alum.	0.1411	0.3281	0.5249	0.353	0.521	0.357	0.534	0.328	0.525
	Acero	0.1772	0.3281	0.5249	0.372	0.540	0.373	0.550	0.328	0.525
3/0	PVC	0.1378	0.2536	0.4265	0.287	0.435	0.287	0.444	0.253	0.427
	Alum.	0.1378	0.2536	0.4265	0.301	0.435	0.302	0.444	0.269	0.427
	Acero	0.1706	0.2536	0.4265	0.283	0.452	0.279	0.458	0.227	0.427
4/0	PVC	0.1345	0.2034	0.3281	0.244	0.350	0.242	0.354	0.203	0.328
	Alum.	0.1345	0.2034	0.3281	0.258	0.378	0.256	0.393	0.220	0.328
	Acero	0.1673	0.2034	0.3281	0.264	0.367	0.269	0.368	0.207	0.328
250	PVC	0.1345	0.1706	0.2789	0.216	0.308	0.212	0.310	0.171	0.279
	Alum.	0.1345	0.1706	0.2789	0.230	0.322	0.227	0.324	0.187	0.285
	Acero	0.1706	0.1772	0.2822	0.240	0.330	0.234	0.328	0.177	0.282
300	PVC	0.1345	0.1444	0.2329	0.194	0.269	0.189	0.268	0.144	0.230
	Alum.	0.1345	0.1444	0.2329	0.208	0.283	0.203	0.283	0.161	0.249
	Acero	0.1673	0.1476	0.2362	0.214	0.289	0.206	0.286	0.148	0.236
350	PVC	0.1312	0.1247	0.2001	0.175	0.239	0.169	0.237	0.125	0.200
	Alum.	0.1312	0.1411	0.2165	0.189	0.253	0.184	0.252	0.141	0.217
	Acero	0.1640	0.1280	0.2067	0.195	0.262	0.187	0.258	0.128	0.207
400	PVC	0.1312	0.1083	0.1772	0.161	0.220	0.155	0.217	0.108	0.177
	Alum.	0.1312	0.1247	0.1936	0.175	0.234	0.169	0.231	0.125	0.194
	Acero	0.1608	0.1148	0.1804	0.182	0.238	0.179	0.232	0.115	0.180
500	PVC	0.1280	0.0898	0.1411	0.143	0.187	0.135	0.181	0.089	0.141
	Alum.	0.1280	0.1050	0.1575	0.157	0.201	0.150	0.198	0.105	0.157
	Acero	0.1575	0.0951	0.1476	0.164	0.208	0.154	0.202	0.095	0.148
600	PVC	0.1280	0.0755	0.1181	0.132	0.168	0.124	0.162	0.075	0.118
	Alum.	0.1280	0.0919	0.1345	0.145	0.182	0.138	0.177	0.093	0.135
	Acero	0.1575	0.0830	0.1247	0.153	0.189	0.142	0.185	0.082	0.125
750	PVC	0.1247	0.0623	0.0961	0.119	0.147	0.110	0.148	0.062	0.095
	Alum.	0.1247	0.0787	0.1115	0.133	0.160	0.125	0.155	0.079	0.112
	Acero	0.1575	0.0689	0.1017	0.142	0.169	0.131	0.160	0.069	0.102
1000	PVC	0.1214	0.0492	0.0755	0.106	0.138	0.097	0.121	0.049	0.075
	Alum.	0.1214	0.0623	0.0886	0.117	0.150	0.109	0.129	0.062	0.089
	Acero	0.15092	0.0591	0.0820	0.121	0.15	0.12	0.14	0.059	0.082

ANEXO C. NIVELES DE ILUMINACION SEGÚN RETIE

Continuación Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

Talleres de ensamble			
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automotores	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de máquinas electrónica y de oficina	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	1000	1500	2000
Procesos químicos			
Procesos automáticos	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios	300	500	750
Industria farmacéutica	300	500	750
Inspección	500	750	1000
Balanco de colores	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	300	500	750
Fábricas de confecciones			
Costura	500	750	1000
Inspección	750	1000	1500
Prensado	300	500	750
Industria eléctrica			
Fabricación de cables	200	300	500
Ensamble de aparatos auxiliares	300	500	750
Ensamble de dispositivos	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	1000	1500	2000
Industria alimenticia			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Decoración manual, inspección	300	500	750
Fundición			
Posa de fundición	150	200	300
Moldes basto, elaboración de machos	200	300	500
Moldes fino, elaboración de machos, inspección	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica			
Zona de hornos	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	200	300	500
Terminado: esmalado, envasado	00	500	750
Pintura y decoración	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero			
Plantas de producción que no requieren intervención manual	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	200	300	500
Plataformas de control e inspección	300	500	750
Industria del cuero			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste			
Trabajo ocasional	150	200	300
Trabajo basto en banco y maquinado, soldadura	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado			
Inmersión, rociado basto	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	750	1000	1500
Fábricas de papel			
Elaboración de papel y cartón	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Inspección y clasificación	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros			
Rocantes con máquinas de impresión	300	500	750
Cuadros de composición y lecturas de prueba	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	1500	2000	3000
Encuadernación	300	500	750
Decoración y estampado	500	750	1000
Industria textil			
Rempiendo de la paca, cardado, hilado	200	300	500

ANEXO D. ILUMINACION.

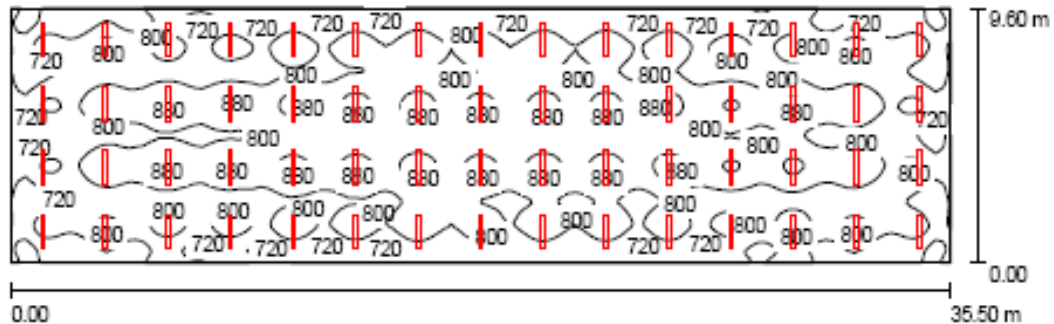
ANEXO D.1 ILUMINACION POST – PROCESO SEGÚN DISEÑO.



Iluminacion salón post.proceso.

Proyecto elaborado por Julian Prada P.
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:254

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	792	573	927	0.72
Suelo	63	746	537	828	0.72
Techo	70	461	339	514	0.73
Paredes (4)	70	567	322	809	/

Plano útil:

Altura: 1.000 m
Trama: 64 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Luminarias-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	60	MAREA 236 MAREA 236 Plafon fluorescente estanco (1.000)	5542	96
total:			332520	5760

Valor de eficiencia energética: $16.90 \text{ W/m}^2 = 2.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 340.80 m^2)

ANEXO D.2 ILUMINACION POST – PROCESO SEGÚN MONTAJE.

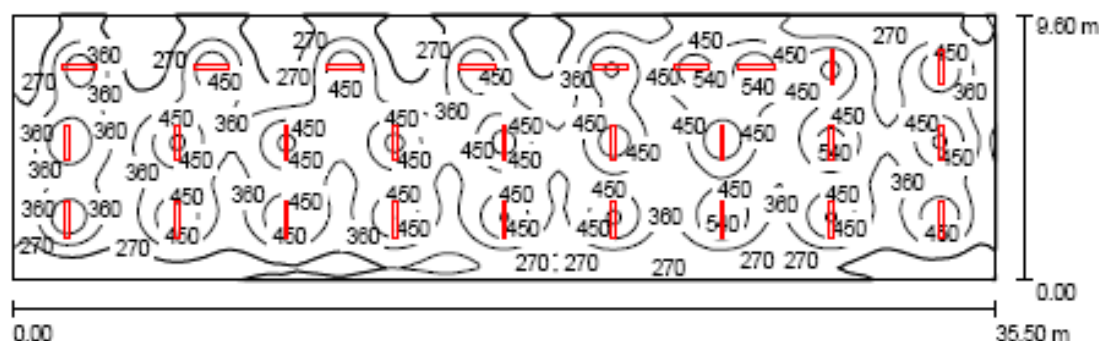
Iluminación salón post-proceso



16.01.2007

Proyecto elaborado por Julian Prada P.
Teléfono
Fax
e-Mail

Local 1 / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:254

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	377	187	614	0.50
Suelo	63	355	202	474	0.57
Techo	70	223	139	270	0.63
Paredes (4)	70	263	146	422	/

Plano útil:

Altura: 1.000 m
Trama: 64 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

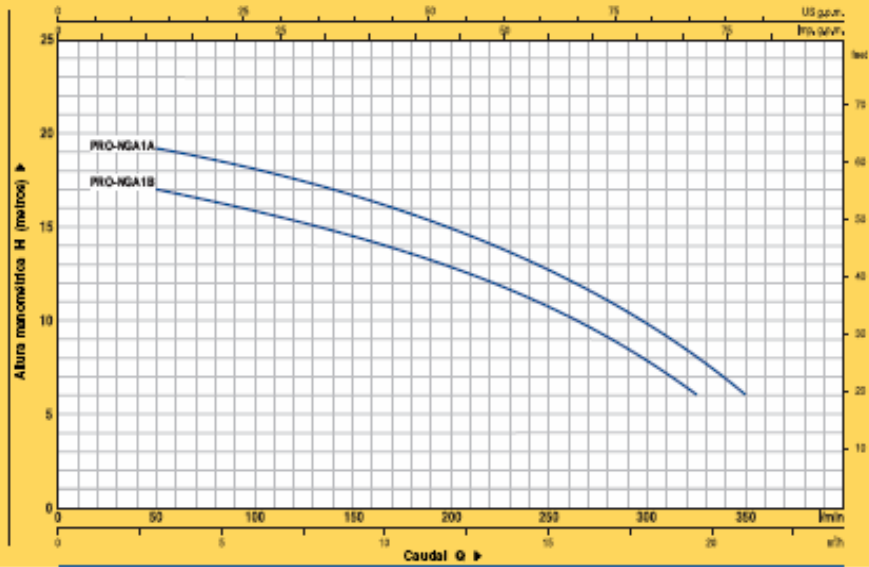
Luminarias-Lista de piezas

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	27	MAREA 236 MAREA 236 Plafon fluorescente estanco (1.000)	5542	96
total:			149634	2592

Valor de eficiencia energética: $7.61 \text{ W/m}^2 = 2.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 340.80 m^2)

**ANEXO E. CURVA DE OPERACIÓN BOMBA
INTERCAMBIADOR.**

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIÓN A n= 2900 1/min

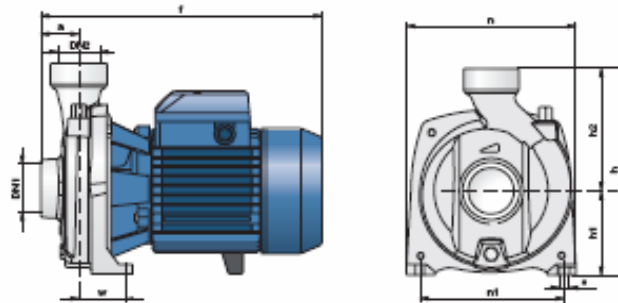


TIPO		POTENCIA		Q											
Monofásica	Trifásica	KW	HP	0	3	6	9	12	15	18	19.5	21			
PRO-NGA1B	PRO-NGA1B	0.55	0.75	litros	50	100	150	200	250	300	333	375	450	500	600
PRO-NGA1A	PRO-NGA1A	0.75	1.00	m³	18	17	16	14.5	13	10.5	8	6			
					20	19.5	18	16.5	15	12.5	10	8			

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 App. A.

TABLA DE DIMENSIONES Y PESOS



TIPO		BOCAS		DIMENSIONES mm											kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	s1	w	s	l1	l2		
PRO-NGA1B	PRO-NGA1B	1 1/2"	1 1/2"	41	267	227	92	125	190	950	50	90	12.0	12.0		
PRO-NGA1A	PRO-NGA1A	1 1/2"	1 1/2"	41	267	227	92	125	190	950	50	90	12.1	12.1		

**ANEXO F. IMÁGENES DE CONSTRUCCION
INTERCAMBIADOR DE CALOR.**



Distribución del haz de 9 tubos de 2"



Vista completa del intercambiador



En la salida se utilizó una reducción excéntrica para recoger y evacuar los posibles condensados.



Lugar de montaje del intercambiador de calor.

ANEXO G. DATA SHEET COMPRESOR DE AIRE.

COMPRESSOR DATA SHEET
Rotary Screw Compressor

MODEL DATA – FOR COMPRESSED AIR			
1	Manufacturer: Ingersoll-Rand		
2	Model Number: UP6 20 125	# of Stages:	One
	<input checked="" type="checkbox"/> Air-cooled <input type="checkbox"/> Water-cooled <input checked="" type="checkbox"/> Oil-injected <input type="checkbox"/> Oil-free	VALUE	UNIT
3	Rated Capacity at Full Load Operating Pressure ^a	83	acfm ^a
4	Full Load Operating Pressure ^b	125	psig ^b
5	Maximum Full Flow Operating Pressure ^c	125	psig ^c
6	Drive Motor Nameplate Rating	20	hp
7	Drive Motor Nameplate Nominal Efficiency	91.0	percent
8	Fan Motor Nameplate Rating (if applicable)	N/A	hp
9	Fan Motor Nameplate Nominal Efficiency	N/A	percent
10	Total Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure ^d	18.028	kW ^d
11	Specific Package Input Power at Rated Capacity and Full Load Operating Pressure	21.72	kW/100 cfm

NOTES:

- Measured at the discharge terminal point of the compressor package in accordance with the CAGI/PNEUROF PN2CPTC2 Test Code (Annex C to ISO 1217). ACFM is actual cubic feet per minute at inlet conditions.
- The operating pressure at which the Capacity (Item 3) and Electrical Consumption (Item 10) were measured for this data sheet.
- Maximum pressure attainable at full flow, usually the unload pressure setting for load/no load control or the maximum pressure attainable before capacity control begins. May require additional power.
- Total package input power at other than reported operating points will vary with control strategy.

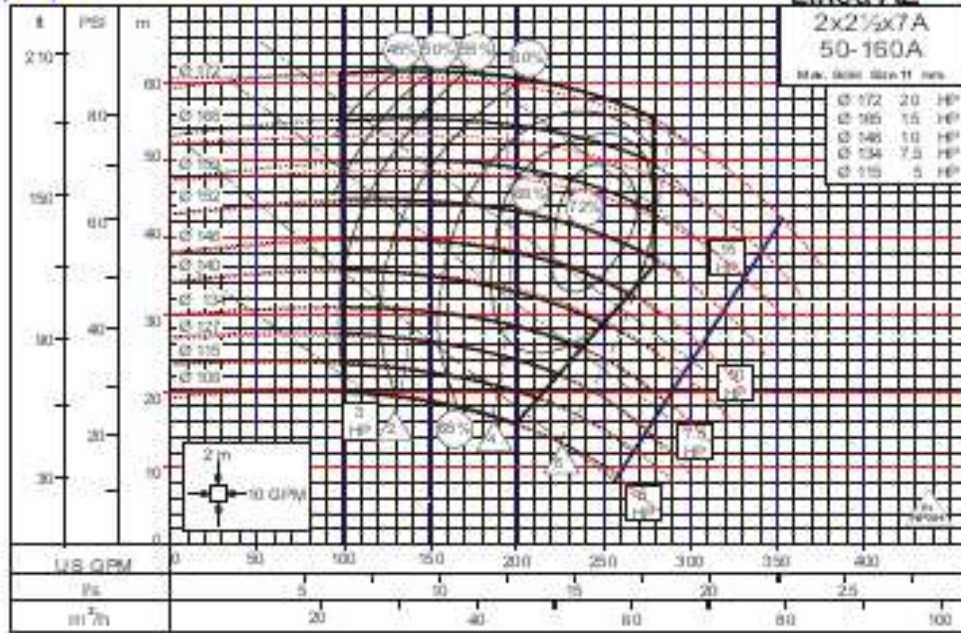
Member


This form was developed by the Compressed Air and Gas Institute for the use of its members. CAGI has not independently verified the reported data.

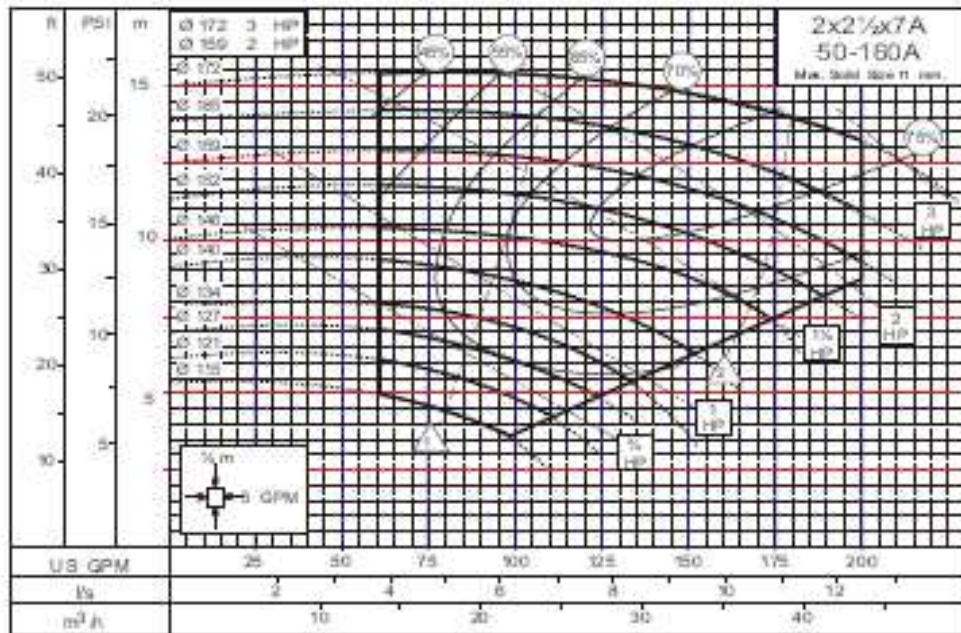
Form Number ROT 030

**ANEXO H. CURVA DE OPERACION BOMBA DE AGUA RED
DE AGUA.**

Linea AZ



3500 RPM



1750 RPM

ANEXO I. CAIDAS DE PRESIÓN EN TUBERIAS.

B-11a. Flujo de agua en tuberías de acero de cédula 40

Caida de presión en 100 metros y velocidad en tuberías de cédula 40, para agua a 15°C

Caudal (litros por minuto)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)	Velocidad (metros por segundo)	Caida de presión (bar)
1	0.459	0.726	0.251	0.17	0.178	0.044	0.184	0.033	0.192	0.038	0.200	0.042	0.208	0.046
2	0.918	1.39	0.501	0.60	0.376	0.178	0.354	0.099	0.362	0.158	0.370	0.166	0.378	0.174
3	1.38	2.59	0.752	1.12	0.447	0.220	0.447	0.132	0.447	0.192	0.447	0.252	0.447	0.312
4	1.84	4.37	1.00	2.09	0.542	0.48	0.542	0.151	0.542	0.211	0.542	0.271	0.542	0.331
5	2.29	6.75	1.23	3.18	0.678	0.70	0.678	0.211	0.678	0.271	0.678	0.331	0.678	0.391
6	2.75	9.74	1.50	4.46	0.815	0.99	0.815	0.271	0.815	0.331	0.815	0.391	0.815	0.451
8	3.67	15.10	2.01	7.20	1.09	1.49	1.09	0.331	1.09	0.391	1.09	0.451	1.09	0.511
10			2.51	10.81	1.36	2.52	0.850	0.391	0.850	0.451	0.850	0.511	0.850	0.571
15			3.76	18.87	2.04	3.77	1.28	0.451	1.28	0.511	1.28	0.571	1.28	0.631
20					1.72	5.14	1.72	0.511	1.72	0.571	1.72	0.631	1.72	0.691
30	0.231	0.014					2.55	0.17	1.44	1.45	0.900	0.442	0.517	0.114
40	0.308	0.027					3.40	0.72	1.92	2.50	1.20	0.758	0.689	0.153
50	0.385	0.039							2.41	3.83	1.50	1.14	0.861	0.290
60	0.462	0.055							2.89	5.41	1.80	1.61	1.01	0.400
70	0.539	0.099							3.37	7.21	2.10	2.15	1.21	0.541
80	0.616	0.092												
90	0.693	0.115												
100	0.770	0.141												
150	1.15	0.291												
200	1.54	0.514												
250	1.93	0.773												
300	2.31	1.10												
350	2.69	1.47												
400	3.08	1.92												
450	3.46	2.49												
500	3.85	3.23												
600	4.62	4.78												
800	6.00	6.88												
1000	7.38	9.63												
1200														
1400														
1600														
1800														
2000														
2500														
3000														
3500														
4000														
4500														
5000														
5500														
6000														
6500														
7000														
7500														
8000														
8500														
9000														
9500														
10000														

1 metro cúbico = 1 000 litros

Consultar las explicaciones de la página B-20 para obtener la pérdida de presión y la velocidad en tuberías que no sean de cédula 40 y para limitaciones diferentes a 100 metros