

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Mecánico

**REDISEÑO DEL SISTEMA CENTRAL DE SUCCIÓN EN LA UNIDAD DE
TERAPIA INTENSIVA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN**

JIMMY GABRIEL CARTAGENA ANGAMARCA Y

MIGUEL ÁNGEL LLAMUSUNTA RAMÍREZ

DIRECTOR: ING. LUIS ANDRANGO

QUITO – ECUADOR

Julio 2013

DECLARACIÓN

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Jimmy Gabriel Cartagena Angamarca y Miguel Ángel Llamusunta Ramírez.

Los conceptos, análisis, cálculos realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Atentamente

ING. LUIS ANDRANGO

DIRETOR DE TESIS

DECLARATORIA

Nosotros, Jimmy Gabriel Cartagena Angamarca y Miguel Ángel Llamusunta Ramírez, declaramos bajo juramento que el trabajo indicado es de nuestra completa autoría y que no ha sido presentado para ninguna calificación profesional; que todos los datos, análisis realizados y conclusiones obtenidas, son de nuestra responsabilidad y que se han consultado todas las referencias bibliográficas incluidas en el documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por su normativa institucional vigente.

Quito, 23 de Julio del 2013

Jimmy Gabriel Cartagena Angamarca

Miguel Ángel Llamusunta Ramírez

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por permitirme llegar a la culminación de un trabajo que empezó desde la niñez, llevando de la mano cada uno de mis pasos y mis proyectos.

A mi padre **Gabriel**, por todo el esfuerzo, dedicación, paciencia y confianza que me ha mostrado durante todos los años de mi vida, dejándome así grandes lecciones de progreso y de que en la vida se puede triunfar si así uno se lo propone.

A mi madre **Liliana**, por ser el pilar fundamental en mi vida, apoyándome incondicionalmente en cualquiera de mis propósitos, dándome esa voluntad y fuerza que solo una madre es capaz de transmitir a sus hijos.

A mis hermanas **Karen** y **Melany**, que con sus locuras, sonrisas y alegrías han hecho que esta aventura de ser parte de una familia sea una experiencia maravillosa.

A cada una de las personas que en el transcurso de toda mi vida han hecho que cada día sea una nueva experiencia, haciendo que valga la pena vivir.

Jimmy Cartagena

A dios por darme la paciencia y la virtud de cumplir mi sueño, a mis padres Elvia y José por su comprensión, esfuerzo y cariño, a mis hermanos Ana, Isabel y José por su cariño y apoyo absoluto. A mi esposa Pili y mi nena Ariana por su amor y paciencia, a Jimmy y a mis verdaderos amigos y a toda mi familia por su apoyo incondicional.

Miguel Llamusunta

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi familia por la confianza depositada en mi al darme la posibilidad de demostrar que se puede llevar una gran responsabilidad sin descuidar una vida personal. Muy agradecido con la Universidad Politécnica Salesiana, por darme todos los conocimientos requeridos a través de los años para llegar a la culminación de tan grande meta. Un agradecimiento muy sincero a todas las personas que colaboraron en la realización de este proyecto, de forma especial al Ing. Luis Andrango, Director del Proyecto de Titulación.

Jimmy Cartagena

Agradezco a dios que está presente en cada respiro y momentos de nuestras vidas.

A mi familia, a mis amigos y a todas las personas que ayudaron para que este proyecto se haga realidad.

Miguel Llamusunta

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

	Página
Planteamiento del problema.....	I
Justificación.....	II
Alcance.....	III
Objetivos.....	IV
Objetivo general.....	IV
Objetivos específicos.....	IV
Hipótesis.....	V
Hipótesis general.....	V
Hipótesis específicas.....	V
Resumen.....	VI
Glosario.....	VII

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

	Página
Introducción.....	1
1.1 Vacío.....	2
1.1.1. Historia de la generación de vacío.....	2
1.1.2. Definición de vacío.....	4
1.1.3. Consideraciones entre vacío y sobrepresión.....	5
1.2 Consideraciones preliminares.....	7
1.2.1. Fluidos incompresibles.....	7
1.2.2. Gases con flujo estacionario y adiabático.....	9
1.2.3. Ecuación general para flujo de gas a través de tubería.....	9
1.2.4. Pérdidas de presión por fricción.....	12
1.2.4.1. Pérdidas mayores.....	12
1.2.4.2. Número de Reynolds.....	14
1.2.4.3. Longitud equivalente.....	16
1.2.4.4. Pérdidas menores.....	16
1.2.5. Presión atmosférica.....	19
1.2.6. Caudal.....	20
1.2.7. Gasto de energía en diferentes grados de vacío.....	22
1.2.8. Medición de vacío.....	23

1.3.	Aplicaciones técnicas del vacío.....	24
1.3.1.	Uso medicinal del vacío.....	26
1.3.2.	Sistema de conducción de vacío medicinal.....	28
1.3.3.	Métodos para la obtención de vacío.....	33
1.3.3.1.	Bombas de desplazamiento positivo.....	34
1.3.3.2.	Bombas dinámicas.....	34
1.3.3.3.	Curvas características de una bomba.....	35
1.3.4.	Parámetros para el cálculo del consumo de vacío.....	36
1.3.5.	Bombas de vacío.....	37
1.3.5.1.	Clasificación de bombas de vacío.....	38
1.3.5.2.	Descripción.....	38
1.3.5.3.	Requerimientos de las bombas según NFPA 99...	39
1.3.5.4.	Bombas de paletas rotativas.....	39
1.3.6.	Tanque de reserva para vacío.....	42
1.3.7.	Sistema de filtrado.....	43
1.3.7.1.	Filtro bacteriológico.....	43
1.3.8.	Tuberías y accesorios.....	45
1.3.8.1.	Uniones soldadas.....	45
1.3.8.2.	Localización de tubería.....	45
1.3.8.3.	Soportes.....	45
1.3.9.	Componentes de control.....	47

1.3.9.1.	Cajas de corte.....	48
1.3.9.2.	Válvulas de corte.....	49
1.3.9.3.	Tomas de pared.....	50
1.3.9.4.	Vacuómetros.....	52
1.3.9.5.	Sistemas de alarmas.....	53
1.3.10.	Equipos.....	54
1.3.10.1.	Reguladores de succión.....	54
1.3.10.2.	Canastilla para succión.....	55

CAPÍTULO II

RED ACTUAL DE VACÍO DEL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN

	Introducción.....	57
2.1	Organigrama de planteamiento.....	58
2.2	Sistemas de vacío de Terapia Intensiva.....	59
2.2.1.	Determinación de parámetro.....	59
2.2.2.	Generalidades de las bombas de vacío.....	60
2.2.3.	Depósito.....	61
2.2.4.	Red de tubería.....	62
2.2.5.	Cálculo de la demanda.....	63
2.2.6.	Pérdidas de la presión por fricción en tuberías.....	66

2.2.7. Pérdidas de volumen a evacuar en el sistema.....	77
2.2.8. Características generales del sistema actual de vacío del HCAM.	80
2.2.9. Consumo energético actual.....	81
2.2.10. Resultados de la red actual de vacío.....	81

CAPÍTULO III

REDISEÑO DE AREA DE TERAPIA INTENSIVA

Introducción.....	82
3.1. Organigrama de Planteamiento.....	83
3.2. Rediseño de sistema de vacío en terapia intensiva HCAM.....	84
3.2.1. Cálculo de consumo de la red norte y sur.....	84
3.2.2. Detalles de consideración para el rediseño.....	88
3.2.3 Cálculos de pérdidas por red de tubería y filtros.....	92
3.2.4. Equipos Bacteriológico.....	106
3.2.5. Detalles de pérdidas.....	107
3.3. Diseño del depósito de almacenamiento.....	108
3.3.1. Deformaciones unitarias.....	112
3.4. Consumo energético rediseño.....	115
3.4. Resultados del rediseño.....	115

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE COSTOS

Introducción.....	117
4.1. Cálculo de costos.....	118
4.1.1. Costos directos.....	118
4.1.2. Costos indirectos.....	120
Conclusiones.....	122
Recomendaciones.....	123
Bibliografía.....	124
Consulta web.....	125

ANEXOS

PLANOS

CÁLCULOS

- Cálculo. Procedimientos de cálculos de pérdidas de presión en tuberías

TABLAS

- TABLA 01. Factores de multiplicación para la conversión de caudales.
- TABLA 02. Factores de multiplicación para la conversión de presiones.
- TABLA 03. Diagrama de MOODY.
- TABLA 04. Pérdidas en accesorios.
- TABLA 05. Densidades y viscosidad de diferentes fluidos.
- TABLA 06. Propiedades del Aire.
- TABLA 07. Constante de los gases, exponente adiabático y relación de presión crítica para los gases seleccionados.
- TABLA 08. Presión barométrica a diferentes alturas.

ANEXOS

- ANEXO 1: Tubería de cobre norma ASTM 88-b.
- ANEXO 2: Manual de instalación.
- ANEXO 3: Datos técnicos reguladores de succión.
- ANEXO 4: Especificaciones del sistema de vacío centralizado de AMICO.
- ANEXO 5: Especificaciones de las bombas BUSCH de vacío.
- ANEXO 6. Fotografías del levantamiento de Sección Terapia Intensiva HCAM.
- ANEXO 7. Datos técnicos sobre filtros HEPA.
- ANEXO 8. Cotizaciones.

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1.1 Ecuación de Mach (Velocidad de flujo).....	7
Ecuación 1.2 Velocidad del sonido en gases ideales.....	8
Ecuación 1.3 Ecuación general para flujo de gas.....	10
Ecuación 1.4 Ecuación para flujo incompresible.....	11
Ecuación 1.5 Ecuación general en función de la altura.....	11
Ecuación 1.6 Ecuación general pérdidas de presión.....	11
Ecuación 1.7 Pérdidas mayores.....	12
Ecuación 1.8 Número de Reynolds.....	14
Ecuación 1.9 Caídas de presión.....	15
Ecuación 1.10 Pérdidas menores.....	16
Ecuación 1.11 Cálculo de diámetro.....	17
Ecuación 1.12 Cálculo de velocidad.....	18
Ecuación 1.13 Cálculo de caudal.....	20
Ecuación 1.14 Tiempo de evacuación.....	21
Ecuación 1.15 Caudal total.....	21
Ecuación 1.16 Caudal real de consumo.....	27
Ecuación 1.17 Calculo de acfm.....	37
Ecuación 3.18 Pared delgada.....	109

Ecuación 3.19 Pared gruesa.....	109
Ecuación 3.20 Esfuerzo transversal.....	110
Ecuación 3.21 Esfuerzo longitudinal.....	111
Ecuación 3.22 Deformación unitaria tangencial.....	112
Ecuación 3.23 Deformación unitaria longitudinal.....	112
Ecuación 3.24 Deformación total tangencial.....	113
Ecuación 3.25 Deformación total longitudinal.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Bombas de aire de Von Guericke.....	3
Figura 1.2 Experimento de hemisferios de Magdeburgo.....	3
Figura 1.3 Representación gráfica de presión de aire.....	5
Figura 1.4 Resistencia al flujo.....	6
Figura 1.5 Definición de gases incompresibles.....	7
Figura 1.6 Flujo estacionario y adiabático.....	9
Figura 1.7 Ecuación general de flujo.....	10
Figura 1.8 Figura rozamiento.....	13
Figura 1.9 Flujo laminar y turbulento.....	14
Figura 1.10 Accesorios que generan pérdidas.....	16
Figura 1.11 Relación entre presión y altitud.....	19
Figura 1.12 Representación de flujo de volumen.....	20
Figura 1.13 Bombas cilíndricas de pistón.....	24
Figura 1.14 Aplicación técnica de vacío.....	25
Figura 1.15 Etapas de un sistema de vacío.....	28
Figura 1.16 Esquema del sistema generador de vacío.....	30
Figura 1.17 Esquema de instalación de vacío hospitalario.....	32
Figura 1.18 Clasificación de bombas.....	33

Figura 1.19 Bombas de desplazamiento positivo.....	34
Figura 1.20 Bombas dinámicas.....	35
Figura 1.21 Curva general de una bomba volumétrica.....	36
Figura 1.22 Rangos de presión de bombas de vacío.....	38
Figura 1.23 Descrip. func. bomba de paletas rotativas....	40
Figura 1.24 Depósito de almacenamiento.....	42
Figura 1.25 Eficiencia de filtros HEPA.....	43
Figura 1.26 Conformación de materiales HEPA.....	44
Figura 1.27 Distancia entre tuberías.....	46
Figura 1.28 Soportería de aluminio.....	47
Figura 1.29 Cajas de corte.....	48
Figura 1.30 Válvulas de corte.....	49
Figura 1.31 Toma de pared Chemetron.....	51
Figura 1.32 Altura recomendada para tomas de gases.....	51
Figura 1.33 Vacuómetros.....	52
Figura 1.34 Alarma para diferentes gases.....	53
Figura 1.35 Regulador de succión.....	55
Figura 1.36 Frasco para vacío 2L.....	55
Figura 2.37 Desarrollo del capítulo II.....	58
Figura 2.38 Pantalla indicando nivel de vacío.....	60
Figura 2.39 Placa de bomba BUSCH.....	61

Figura 2.40 Sistema centralizado de vacío.....	61
Figura 2.41 Curva de bombas de vacío.....	65
Figura 3.42 Desarrollo del capítulo III.....	83
Figura 3.43 Factor de diversificación.....	86
Figura 3.44 Grafica de consumos por grupo.....	87
Figura 3.45 Curva de bombas de vacío BECKER.....	91
Figura 3.46 Figura velocidad vs diámetro.....	93
Figura 3.47 Esfuerzos sobre un cilindro pared delgada.....	110
Figura 3.48 Representación de esfuerzo transversal.....	110
Figura 3.49 Representación de esfuerzo longitudinal.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1-1. Valores de rugosidad para tuberías.....	13
Tabla 1-2. Régimen de flujo.....	15
Tabla 1-3. Resistencia al caudal ocasionada por accesorios..	17
Tabla 1-4. Designación estándar de colores.....	26
Tabla 1-5. Consumo de gases medicinales.....	27
Tabla 1-6. Distancia según norma NFPA 99 para soportería	46
Tabla 1-7. Válvula de bola tres cuerpos por ¼ vuelta.....	50
Tabla 1-8. Hoja de datos vacuómetros.....	52
Tabla 2-9. Cuadro de levantamiento sección sur.....	62
Tabla 2-10. Cuadro de levantamiento sección norte.....	63
Tabla 2-11. Cálculo de demanda requerida.....	64
Tabla 2-12 Cuadro consumos semanales por cama.....	67
Tabla 2-13. Fuentes de investigación.....	67
Tabla 2-14. Cuadro de velocidades sección sur.....	68
Tabla 2-15. Cuadro de velocidades sección norte.....	69
Tabla 2-16. Reynold sección sur.....	70
Tabla 2-17. Reynold sección norte.....	70
Tabla 2-18. Factor de fricción sección sur.....	71

Tabla 2-19. Factor de fricción sección norte.....	71
Tabla 2-20. Pérdidas sección sur.....	73
Tabla 2-21. Pérdidas sección norte.....	74
Tabla 2-22. Pérdidas de presión sección sur.....	75
Tabla 2-23. Pérdidas de presión sección norte.....	76
Tabla 2-24. Pérdidas de presión general.....	77
Tabla 2-25. Volumen en tuberías sección sur.....	78
Tabla 2-26. Volumen en tuberías sección norte.....	79
Tabla 2-27. Parámetros del sistema de funcionamiento.....	80
Tabla 3-28. Unidades de medida de vacío.....	84
Tabla 3-29. Referencia para tomas por área.....	85
Tabla 3-30. Calculo de consumo para el rediseño.....	89
Tabla 3-31. Calculo velocidad de succión 1.....	93
Tabla 3-32. Calculo velocidad de succión 2.....	93
Tabla 3-33. Cuadro consumo semanal por cama.....	94
Tabla 3-34. Cuadro de velocidades sección sur.....	95
Tabla 3-35. Cuadro de velocidades sección norte.....	96
Tabla 3-36. Reynolds rediseño sección sur.....	97
Tabla 3-37. Reynolds rediseño sección norte.....	97
Tabla 3-38. Factor de fricción rediseño sección sur.....	98
Tabla 3-39. Factor de fricción rediseño sección norte.....	98

Tabla 3-40. Pérdida en rediseño sección sur.....	99
Tabla 3-41. Pérdida en rediseño sección norte.....	100
Tabla 3-42. Pérdidas de presión rediseño sección sur.....	101
Tabla 3-43. Pérdidas de presión rediseño sección norte.....	102
Tabla 3-44. Pérdida de presión general.....	103
Tabla 3-45. Volumen de red en rediseño sección sur.....	104
Tabla 3-46. Volumen de red en rediseño sección norte.....	105
Tabla 3-47. Propi. acero inoxidable AISI 1010105.....	108
Tabla 3-48. Valores de espesor de plancha.....	114
Tabla 4-49. Materiales requeridos en rediseño.....	118
Tabla 4-50. Costos del material.....	119
Tabla 4-51. Costos de mano de obra.....	120
Tabla 4-52. Costos directos totales.....	120
Tabla 4-53. Costos materiales indirectos.....	120
Tabla 4-54. Costo total del proyecto.....	121

Planteamiento del problema

Tomando en cuenta que en el país se ha dado un importante crecimiento en lo que a salud social se refiere, las demandas en los hospitales públicos han crecido excesivamente y por lo tanto se ve la necesidad de actualizar todos los sistemas tanto en la mano de obra como de los sistemas de operación. Debido a esto se observa un gran requerimiento en una parte muy importante dentro de un hospital referente al saneamiento del medio ambiente que es la producción de vacío con fines medicinales ya sean estos: limpieza de vías respiratorias, drenajes generales de sangre, secreciones, limpieza de heridas en cirugía y limpieza del campo de trabajo, el cual se produce por medio de bombas existentes en el área de Terapia Intensiva del Hospital Carlos Andrade Marín, pero debido al constante aumento de pacientes en el área, produce que las alarmas se activen constantemente, lo cual ha estimulado a un rediseño.

Justificación

La investigación y búsqueda de un procedimiento adecuado surge de la observación de un funcionamiento inadecuado de las bombas al momento de un abastecimiento integral de todo el área de terapia intensiva lo que produce una constante activación de las alarmas, haciendo que se conviertan en problemas que se muestran a diario sobre el sistema de vacío; la solución más adecuada que se encontró para evitar que las alarmas del sistema sigan activándose, es el rediseño de todo el sistema en el área, el cual consta de la bomba, filtros, sistemas de control, puntos de supervisión, el sistema de conducción, sistemas de anclaje, etc. Además se analizarán la existencia de fugas en la red, pérdidas provocadas por un mal diseño, tiempo de vida útil de los accesorios internos que puedan incidir sobre el sistema. Con este trabajo se planteará ideas y los procedimientos necesarios que pueden ser implementados en el hospital para la mejora y beneficio de la institución.

El proyecto se basa en un adecuado rediseño para generar la mínima cantidad de pérdidas posibles y la mayor eficiencia.

Alcance

El rediseño que se presenta es para demostrar la instalación, sistema y la bomba que se debería utilizar o si la existente actual con una capacidad de succión de 180 cfm y 745 mm Hg es suficiente para abastecer el incremento de la demanda en el área de terapia intensiva, el material que se necesitara en la línea, la capacidad de la tubería, válvulas y accesorios, también el sistema de control de la línea.

Para el rediseño se tomará en consideración la existencia de un promedio de 38 camas con 114 tomas de pared específicamente para el sistema de succión.

Teniendo en cuenta que el mínimo de vacío que debe tener la válvula más alejada del sistema es de 300 mm Hg (12 in Hg) con un activación de las alarmas a los 380 mm Hg (15 in Hg), de acuerdo a la norma NFPA 99 para una operación adecuada de los equipos a instalarse, además de una demanda aproximada de 60 lts/min.

El rediseño propuesto estará orientado a dar una óptima solución en una posterior remodelación con la elaboración de planos, análisis de las perdidas y de las caídas de presión, además se trata de optimizar al máximo el rendimiento de la bomba que se seleccionará o analizará.

Objetivos

Objetivo general

- Rediseño del sistema central de succión en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Carlos Andrade Marín.

Objetivos específicos

- Conocer en detalle el funcionamiento y las variables que intervienen en el rediseño del sistema (línea) de vacío.
- Calcular las pérdidas generadas por el sistema existente y su mejora con el nuevo diseño.
- Verificar si la bomba utilizada actualmente es la adecuada o se necesita la selección de una nueva bomba.
- Seleccionar los elementos y materiales adecuados para el nuevo diseño.
- Elaboración de planos del sistema existente y del nuevo diseño.

Hipótesis

Hipótesis general

- El rediseño permitirá el abastecimiento adecuado de vacío medicinal en el área de terapia de una forma que la demanda quede completamente cubierta bajo las consideraciones de la norma NFPA 99.

Hipótesis Específica

- Los elementos de funcionamiento del sistema estarán debidamente seleccionados y evitando problemas que interfieran con la generación de vacío.
- Las pérdidas con las que se diseñará son permisibles para un Área de Terapia Intensiva basada en la normas NFPA 99 que definen cada lugar con una cantidad específica de vacío medicinal.
- El rediseño permitirá comprobar si la bomba de 10 hp instalada es suficiente para un abastecimiento primario de 114 tomas de pared para vacío.
- Los materiales de tuberías deberán ser instalados totalmente en cobre electrolítico y sin costura según la norma ASTM B-88, al igual que los accesorios y demás se basaran en la norma NFPA 99.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo principal dar a conocer como se realiza un rediseño mecánico del sistema de conducción de vacío para el área de terapia intensiva del Hospital Carlos Andrade Marín.

Inicialmente se dan a conocer las propiedades del aire y sus condiciones en las que se encuentra interviniendo en el sistema. Luego se pasa a detallar las ecuaciones que serán necesarias para la obtención clara de datos utilizables en el desarrollo del proyecto y todos los accesorios junto con los equipos que se incluyen dentro del sistema, que se muestran estandarizados con lineamientos en las normas NFPA.

Se procede con la obtención de datos de las instalaciones actuales, planos de recorrido de tuberías, normas empleadas en las actuales condiciones de la red y el uso de los elementos matemáticos para los cálculos tanto de pérdidas de presión como de caudal.

Una vez conocido la situación actual de la red, se procede con los parámetros técnicos de un rediseño adecuado para dicho sistema de vacío, datos que incluyen: condiciones de ubicación geográfica del equipo, instalaciones con tuberías debidamente analizadas, reducción de pérdidas de presión y caudal al mínimo, control de flujo para mantenimiento, un equipo con una generación suficiente para una demanda total del área de terapia intensiva.

El proceso continúa con una selección técnica de los equipos que intervendrán en la nueva red, la implementación específica de la norma que se manejará, junto con manuales de instalación de tuberías, siguiendo parámetros específicos para los mismos.

Finalmente se realiza un análisis de costos directos e indirectos para obtener un presupuesto estimado de lo que costaría la implementación del proyecto.

GLOSARIO

Viscosidad.- Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

Densidad.- Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

Numero de mach.- Es una medida de velocidad relativa que se define como el cociente entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido en el medio en que se mueve dicho objeto.

Numero de Reynolds.- Es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.

Esfuerzo transversal.- Combinación de las fuerzas de tracción y de compresión que se desarrollan en la sección transversal de un elemento estructural para resistir una fuerza transversal.

Esfuerzo longitudinal.- Es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones perpendiculares (normales) a la sección transversal de un prisma mecánico.

Constante de gases.- Es una constante física que relaciona entre sí diversas funciones de estado termodinámicas, estableciendo esencialmente una relación entre la energía, la temperatura y la cantidad de materia.

Factor de fricción Darcy.- Es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido.

By pass.- Se refiere, en general, a una derivación, desvío o cortar una ruta

Módulo de elasticidad.- Es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Deformación tangencial.- Deformación lateral de un cuerpo causada por un esfuerzo cortante, que se define como la tangente del ángulo de distorsión de la deformación. También llamada deformación por cizallamiento, distorsión angular unitaria.

Deformación Longitudinal.- Es cuando un cuerpo se dilata, este lo hace en todas direcciones y sentidos.

Velocidad del sonido.- Es la dinámica de propagación de las ondas sonoras. En la atmósfera terrestre es de 343 m/s (a 20 °C de temperatura, con 50% de humedad y a nivel del mar). La velocidad del sonido varía en función del medio en el que se transmite. Dado que la velocidad del sonido varía según el medio, se utiliza el número Mach = 1 para indicarla.

Peso específico.- Se le llama Peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

NPT.- Estándar para roscas cónicas se utiliza en tubos roscados y accesorios.

NFPA.- (*National Fire Protection Association*) (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) es una organización creada en Estados Unidos, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados tanto por bomberos, como por el personal encargado de la seguridad.

CGA.- Color Graphics Adapter (Adaptador de Gráficos de Color).

AIA.- Asociación profesional nacional de arquitectos.

Deformación tangencial.- Deformación lateral de un cuerpo causada por un esfuerzo cortante, que se define como la tangente del ángulo de distorsión de la deformación. También llamada deformación por cizallamiento, distorsión angular unitaria.

Deformación Longitudinal.- Es cuando un cuerpo se dilata, este lo hace en todas direcciones y sentidos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Introducción

Los sistemas de vacío o de succión han sido desde la antigüedad un tema de mucha trascendencia ya que son de gran utilidad para las pequeñas y grandes industrias, además han evolucionado de tal manera que es importante en la parte medicinal y en la criogenia. En este capítulo se detalla una breve historia sobre la generación de vacío, como y donde nació la idea, al igual su definición y las consideraciones que se debe tener para la utilización, también se presentan conceptos básicos y fundamentales, las diferentes leyes y ecuaciones que se utilizaran en los distintos cálculos, métodos, formas de obtención y generación de vacío que deben ser tomados muy en cuenta para el diseño e implementación de los tipos sistemas existentes. Además de una breve introducción al uso del vacío para fines medicinales que es el objetivo principal de este proyecto.

1.1. Vacío

1.1.1. Historia de la generación de vacío

Los egipcios y los chinos, con el invento del fuelle con válvulas para inyectar aire a los hornos, hacían vacío sin saberlo: al abrir el fuelle, se llenaba de aire por el vacío que se provocaba dentro de éste.

Volviendo tiempo atrás hasta el momento en que apareció la primera bomba de aire. En el siglo XVII, Otto Von Guericke hizo una contribución importante a la ciencia con su invención de la bomba de aire, considerada como una de las cuatro invenciones del siglo (los otros inventos fueron: el telescopio, el microscopio y el reloj de péndulo).

Von Guericke adaptó en 1640 a un tonel de madera una bomba de agua, después lo llenó con agua y lo clausuró. Con la ayuda de varios hombres procedió a sacar el agua. El bombeo se prolongó después de vaciado el tonel, lo que causó la precipitación del aire a través de los poros de la madera. Este suceso lo motivó a ocuparse en otro experimento: la fabricación de una esfera de cobre mostrado en la figura (1-1), a la que se le podía colocar una bomba. Omitió el agua y bombeó directamente el aire. Cuando había extraído aparentemente todo el aire, la esfera se deformó de manera repentina (sufrió un efecto de compresión) debido a la presión atmosférica.

A partir de estos experimentos llegó a crear la bomba de aire. Esta era esencialmente igual a una bomba de agua y tenía válvulas manuales. Contaba con una construcción más cuidadosa ya que estaba herméticamente sellada alrededor del cilindro y las válvulas. En principio, la única diferencia entre tales bombas para crear vacío y las usadas para extraer agua es que el trabajo se realiza jalando en lugar de empujando, con una correspondiente secuencia de válvulas.

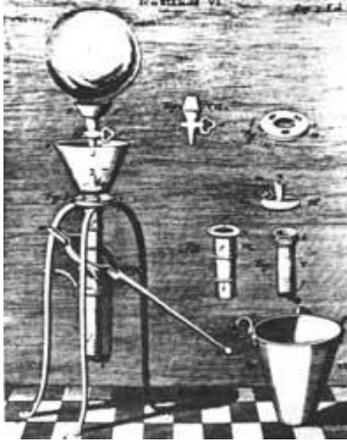


Fig.1-1. Bombas de aire de Von Guericke usada en la demostración en Berlín y Magdeburgo.¹

El experimento más famoso de *Von Guericke* fue el llamado de *Los hemisferios de Magdeburgo*, figura (1-2), que consistía en un par de semiesferas unidas y dentro de ellas se hacía el vacío. La esfera así formada era separada con gran dificultad por un equipo de ocho caballos en cada lado. Este experimento fue presentado ante un pequeño grupo de espectadores cerca de *Reichstag*, aproximadamente en 1654. Tiempo después el espectáculo se presentó ante el emperador y su corte y alcanzó tal fama que se llevó en exhibición por toda Europa.



Fig.1-2. Experimento de hemisferios de Magdeburgo²

¹ http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_8.htm

² http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_8.htm

Durante largo tiempo, las bombas de vacío no fueron llamadas bombas de vacío. *Von Guericke* las llamaba jeringas; Boyle, máquinas neumáticas; después el término de bomba de aire fue establecido.

En términos generales, la historia del desarrollo de las bombas de vacío puede ser trazada como sigue: primero, se realizó la modificación de las bombas de agua existentes con pistones y válvulas, las cuales dejaron de utilizarse a finales del siglo XIX. Entonces se volvió a un concepto más primitivo de bombas de pistón de mercurio líquido. Después se estableció el uso de bombas mecánicas rotatorias, seguidas de adaptaciones de bombas de vapor, turbo maquinaria, por último, de bombas basadas en fenómenos de ionización, combinación química y adsorción criogénica.

1.1.2. Definición de vacío

Se puede decir que el vacío puede estar definido por la ausencia completa de aire u otros gases existentes en el interior de un espacio determinado.

Esta ausencia del aire o de un gas en el interior reduce la presión atmosférica existente a valores próximos al cero absoluto, creando una diferencia de presión entre el interior y el exterior del mismo.

Por ejemplo, si se disminuye la presión en un recipiente cerrado, evacuando el aire de su interior, se crea vacío, y por consiguiente, existirá una diferencia de presión entre el interior y el exterior del recipiente, generando la presión exterior una fuerza sobre las paredes del mismo, que será mayor cuanto menor presión haya en su interior.

1.1.3. Consideraciones entre vacío y sobrepresión

Tanto la neumática convencional de sobre presión como la técnica de vacío, están basadas en la circulación de aire desde las zonas de presión más altas hacia las zonas de presión más bajas (diferencia de presiones figura 1-3).

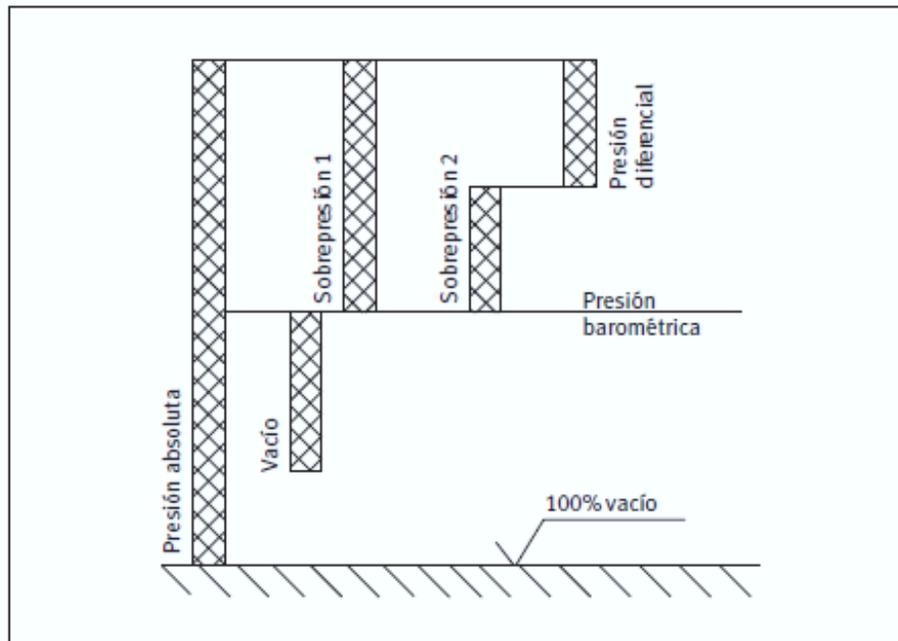


Fig.1-3. Representación gráfica de los márgenes de presión de aire³

Por esta razón, la interdependencia y las leyes físicas entre flujo, presión y fuerza que rigen el comportamiento del aire en las aplicaciones de vacío son exactamente las mismas que en las aplicaciones convencionales, aunque con ciertas “peculiaridades”; por ejemplo:

- ✓ Se puede decir que, en el caso de vacío, el flujo es “opuesto” ya que el aire fluye desde zonas a presión atmosférica (presión más alta) a zonas de depresión o presión de vacío (presión más baja).
- ✓ La diferencia de presión siempre es limitada

³ <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>

Adquieren mayor importancia en vacío aspectos como:

- Resistencia al flujo
- Volúmenes muertos o innecesarios que hay que evacuar o que tienen que reducirse al mínimo, figura (1-4).



Fig.1-4. Resistencia al flujo y volumen muerto en tubería.⁴

Estos dos últimos factores presentan un cierto nivel de controversia, puesto que unas conducciones de mayor sección nos ofrecen menores resistencias al flujo, pero, por el contrario, aumentan el volumen que hay que evacuar, lo que también le suman distancias considerables de tuberías que hacen que se generen más pérdidas, por lo que un equilibrio adecuado entre estos dos conceptos es de suma importancia.

Hay que tener en cuenta también que cuando se habla de técnica del vacío, se está hablando de una parte considerable de la energía disponible en las aplicaciones de la neumática convencional, lo que significa un gran uso dentro de la industria y campos demasiados extensos como son la automatización, la industria alimenticia y la referente a la hospitalaria.

En resumen: se debe reducir las caídas de presión al mínimo que en los casos de vacío medicinal son aceptables hasta 5 in Hg para pérdidas, pero sin crear volúmenes a evacuar excesivamente grandes, puesto que esto supondrá un coste de tiempo y energía (mayor caudal de succión).

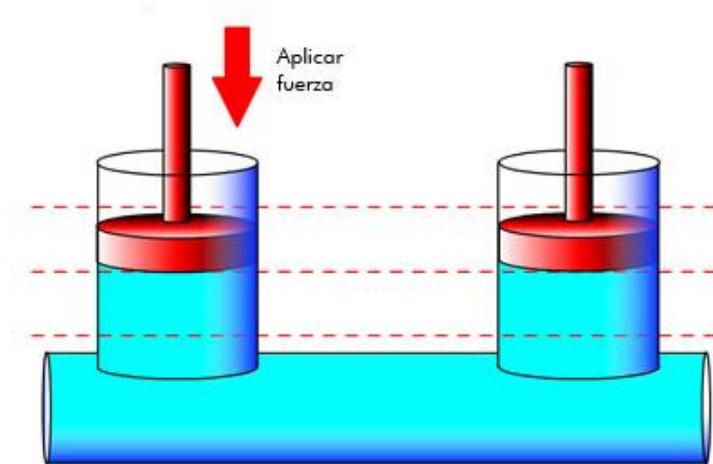
Teniendo claro que son dos factores importantes se busca relacionarlos en forma directa a ecuaciones específicas para cada uno.

⁴ <http://notaculturaldeldia.blogspot.com/2010/09/golpe-de-ariete-la-onda-de-presion-que.html>

1.2. Consideraciones preliminares

Cuando se hace el estudio de gases medicinales para un hospital estos deben ser considerados como: incompresibles, ideales, adiabáticos y de flujo estacionario.

1.2.1 Fluidos incompresibles



*Fig.1-5. Definición de gases incompresibles.*⁵

Para las instalaciones de forma práctica se tiende a considerar el flujo de gases como incompresibles figura (1-5), para lo cual debe cumplir las siguientes condiciones principales: cambios de densidad y número de *Mach* bajos.

Aquellos flujos donde las variaciones de densidad son insignificantes se denominan incompresibles, por lo general los cambios en la densidad no deben superar el 5%.

También se puede considerar como incompresible a un fluido si su velocidad es pequeña en relación a la velocidad del sonido del fluido, la relación de la velocidad del fluido versus el sonido se lo conoce como número *Mach*, es decir:

$$M = \frac{v}{c} \quad (\text{Ecuación 1.1})^6$$

⁵ <http://blog.gmveurolift.es/?p=325>

⁶ CENGEL, Yunus, “*Mecánica de fluidos*”, 2006, Primera edición, p. 616

M = Número Mach (Adimensional)

V = Velocidad del flujo (m/s)

C = Velocidad del sonido (m/s)

Nota: Las unidades pueden estar en cualquier sistema pero deben ser las mismas para su simplificación ya que el número de *Mach* es adimensional.

Note que la velocidad del sonido depende del medio en que se propaga la onda infinitesimal de presión. Considerando los gases medicinales como ideales la velocidad del sonido será distinta para cada uno de ellos y la cual se hallará mediante la siguiente ecuación:

$$c = \sqrt{kRT} \quad (\text{Ecuación 1.2})^7$$

Dónde:

c = Velocidad del sonido (m/s)

R = Constante de gases que tienen valor fijo para gases ideales. (kJ/kg.K°)

k = Razón de calores específicos. (Adimensional)

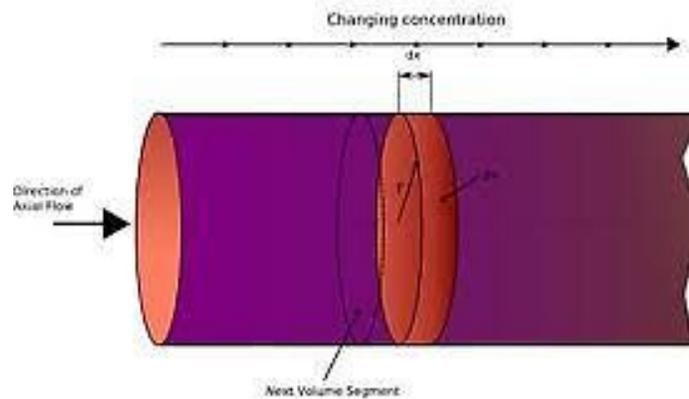
T = Temperatura absoluta de trabajo. (K°)

Los cambios de densidad son solamente en el orden del 2% del valor medio, para valores de $M < 0.3$. Así, los gases que fluyen con $M < 0.3$ se pueden considerar como incompresibles: un valor de $M = 0.3$ en el aire bajo condiciones normales corresponde a una velocidad de aproximadamente 100 m/s.

⁷ CENGEL, Yunus, “*Mecánica de fluidos*”, 2006, Primera edición, p. 616

1.2.2. Gases con flujo estacionario y adiabático

En mecánica de fluidos se suele utilizar el término estacionario y uniforme. Un flujo es considerado como estacionario cuando no hay cambio de propiedades en un punto del mismo con respecto al tiempo, figura (1-6).



*Fig.1-6. Flujo estacionario y adiabático*⁸

Se considera que las diferencias entre la temperatura del ambiente (25 °C) y la de trabajo (20°C) son bajas, el flujo de los gases medicinales se puede considerar como adiabáticos, es decir que se asume que no hay una variación en la gradiente de temperatura en la superficie de la tubería.

1.2.3. Ecuación general para el flujo de gas a través de tuberías

Los gases se miden usualmente en términos volumétricos, más que por peso; sin embargo, las relaciones de energía usadas en la obtención de la fórmula fundamental para el flujo de fluidos compresibles se presentan más fácilmente cuando se considera un peso dado de fluido. Posteriormente se introducen los factores de conversión de peso a volumen.

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Reactor_qu%C3%ADmico

En la siguiente derivación de la ecuación fundamental para el flujo de un fluido compresible a través de tubería el primer paso es aplicar la ley de conservación de la energía, balanceando solamente la energía mecánica, figura (1-7).

A lo largo de la longitud arbitraria de tubería seleccionada, el balance de energía mecánica por unidad de peso del fluido que escurre se define a continuación:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L \quad (\text{Ecuacion 1.3})$$

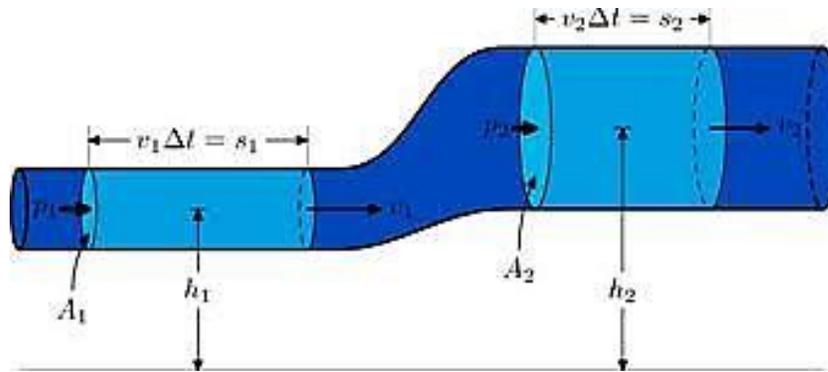


Fig.1-7. Ecuación general de flujo⁹

Donde los subíndices 1 y 2 designan las condiciones en las secciones de entrada y de salida, respectivamente.

Z : Energía potencial por unidad de peso de fluido, debida a su posición, medida por su altura por encima de un nivel de referencia asumido. (m)

$\frac{P}{\gamma}$: Energía mecánica exigida para pasar la unidad de peso de fluido a través de la sección. (m)

P : Presión absoluta del fluido que escurre. (N/m²)

γ : Peso específico del fluido (N/m³)

⁹ <http://www.fotolog.com/pety18rbf/63307239/>

$\frac{V^2}{2g}$: Energía cinética por unidad de peso del fluido. (m)

V : Velocidad del fluido en la sección. (m/s)

g : Aceleración debida a la acción gravitatoria. (m/s²)

h_L : Trabajo (energía) mecánico desarrollado por la unidad de peso de fluido en vencer la resistencia cortante de la fricción entre las secciones de entrada y salida del tramo considerado, codos, intersecciones, reducciones, válvulas, etc. (m)

A partir del balance de energía de la ecuación 1.3 se pueden derivar ecuaciones para diferentes condiciones de flujo.

Para flujo incompresible se tiene $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ la ecuación queda expresada de la siguiente manera:

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma \cdot g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_L \quad (\text{Ecuacion 1.4})$$

$$\Delta P_{total} = \frac{\gamma(V_2^2 - V_1^2)}{2} + (z_2 - z_1) + h_L \quad (\text{Ecuacion 1.5})$$

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{aceleracion} + \Delta P_{elevacion} + \Delta P_{friccion} \quad (\text{Ecuacion 1.6})$$

Dónde:

$\Delta P_{aceleracion}$ = variación de la presión debido a la aceleración del fluido o pérdida de energía cinéticas, si la velocidad se mantiene constante en cierto tramo de la tubería la caída de presión será nula. (Pas)

$\Delta P_{elevacion}$ = Cambio de la presión hidrostática. Siempre que hay un cambio de elevación o de inclinación de la tubería con respecto al plano horizontal. Dentro de un diseño de un hospital se considera que los cambios en alturas son mínimos por lo que la caída de presión sería insignificante. (Pas)

$\Delta P_{friccion}$ = Son las pérdidas producidas por la fricción en la tubería y los accesorios que en esta influyen. (Pas)

1.2.4. Pérdidas de presión por fricción

1.2.4.1. Pérdidas Mayores

El flujo de los fluidos en tuberías esta siempre acompañada del rozamiento de las partículas entre sí y con las paredes de la misma figura (1-8). La ecuación general de pérdidas de presión en tuberías fue estudiada por Darcy y se expresa de la siguiente manera:

$$H_{Mayores} = \frac{f * L * v^2}{2g * D} \quad (\text{Ecuacion 1.7})^{10}$$

Dónde:

$H_{Mayores}$ = Perdidas de presión (m)

L = Longitud de la línea (m)

v = Velocidad del flujo (m/s)

D = Diámetro interior de la tubería (m)

g = Gravedad (m/s^2)

f = Factor de fricción Darcy (Adimensional)

La altura de presión puede expresarse en términos de la altura de columna de fluido equivalente llamada pérdida de carga h_L .

¹⁰ <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/la-resistencia-en-tuberias.html>

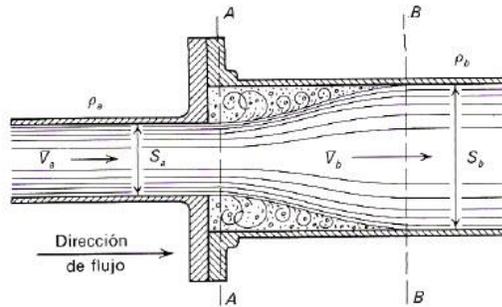


Fig.1-8. Gráfica de rozamiento de fluido en tubería interna¹¹

En esta ecuación aparece un factor de fricción cuya forma de cálculo viene dado por varias ecuaciones o por el uso del diagrama de Moody (AnexoTabla 03), conociendo la rugosidad relativa (ϵ/D) tabla (1.1) y el número de Reynolds.

MATERIAL	RUGOSIDAD (ϵ)	
	ft	mm
Vidrio Plástico	0	0
Concreto	0,003 - 0,03	0,9 - 9
Duela de madera	0,0016	0,5
Hule aislado	0,000033	0,01
<i>Tubería de cobre o latón</i>	<i>0,000005</i>	<i>0,0015</i>
Hierro fundido	0,00085	0,26
Hierro galvanizado	0,0005	0,15
Hierro forjado	0,00015	0,046
Acero inoxidable	0,000007	0,002
Acero comercial	0,00015	0,045

Tabla.1-1. Valores de rugosidad para tuberías comerciales nuevas.¹²

¹¹ <http://dc202.4shared.com/doc/nSN91Dmz/preview.html>

¹² CENGEL, Yunus, “*Mecánica de fluidos*”, 2006, Cuarta edición, p. 341

1.2.4.2. Número de Reynolds (Re)

Es un número adimensional que se obtiene como resultado de relacionar características del fluido, del ducto y del flujo, figura (1-9). Es ampliamente utilizado en todos los campos de la fluido dinámica y también se lo puede utilizar para identificar tres de los regímenes de flujo que se presentan en la inmensa mayoría de los procesos industriales.

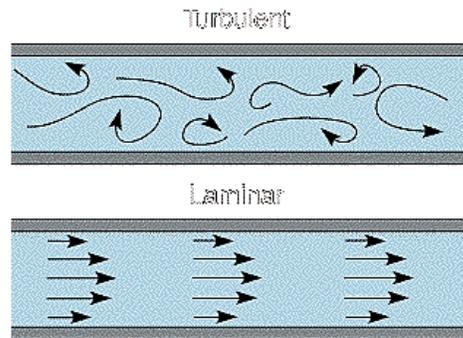


Fig.1-9. Flujo laminar y turbulento.¹³

Para la succión se indica que el flujo debe estar en el área turbulenta ($Re > 4000$; $V_{max} \Rightarrow 100$ m/s), de esta forma las partículas de aire pueden tener la suficiente velocidad para estar en un estado de succión

Una propiedad notable de este número es que, aun sin necesidad del uso de los valores que adopten cada una de las magnitudes que intervienen en su formulación, un determinado valor de Re indica un tipo de Régimen de Flujo, salvo condiciones especialísimas.

Se lo define como:

$$Re = \frac{D * v}{\vartheta} \quad (\text{Ecuación 1.8})^{14}$$

D : Diámetro de tubería (m)

v : Velocidad promedio (m/s)

¹³ <http://juandelacuerva.blogspot.com/2007/03/turbulencias.html>

¹⁴ MOTT, Robert, "Mecánica de fluidos aplicada", 1996, Cuarta edición, p. 223.

ν = Viscosidad cinemática (m²/s)

El número de Reynolds nos da la característica de saber el régimen de flujo que se puede dar en nuestro sistema:

$$Re \leq 2300 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

$$2300 \leq Re \leq 4000 \rightarrow \text{flujo en transición}$$

$$Re \geq 4000 \rightarrow \text{flujo turbulento}$$

Una vez que se conoce el régimen de flujo se puede hallar el factor de fricción con las ecuaciones que se muestran en la tabla (1-2):

REGIMEN DEL FLUJO	ECUACIÓN PARA HALLAR (f)	OBSERVACIONES
Laminar	$f = \frac{64}{Re}$	Tubería circular (3.21)
Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$	Colebrook (3.22)
Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left(\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\epsilon}{3.7} \right)^{1.1} \right)$	Haaland (3.23)

Tabla.1-2. Régimen de flujo.¹⁵

Con estos datos ya se puede obtener las pérdidas de presión de un sistema de conducción de un fluido:

$$\Delta P = H_L \times \rho \times g \quad (\text{Ecuacion 1.9})^{16}$$

ΔP : Caída de presión (Pas)

H_L : Perdidas por fricción (m)

ρ : Densidad del fluido (kg/m³)

g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

¹⁵ CENGEL, Yunus, “Mecánica de fluidos”, 2006, Cuarta edición, p. 330.

¹⁶ DAVILA, Baz, “Mecánica Aplicada”, 2000, Universidad de Huelva, p. 9.

1.2.4.3. Longitud equivalente

Existe un parámetro importante que simplifica el trabajo cuando las redes son demasiado extensas y su cálculo manual de accesorios que lo componen se vuelve demasiado complicado, por esta razón se utiliza el método de **“Longitud Equivalente”**, el método consisten en que a una sección de tramo de tubería del mismo diámetro se aumenta su longitud en un 20%, esto considera como tal accesorios incluidos en esa línea y simplifica el trabajo de cálculo de ingeniería sin afectar los cálculos.

1.2.4.4. Pérdidas menores

Las pérdidas menores son todos los accesorios que se incluyen en el sistema como codos, válvulas, juntas flexibles, tees, reducciones, entradas, salidas, figura (1-10). Y estas se expresan en términos de coeficientes de pérdidas k_L .

$$\Delta P_L = K_L \frac{v^2 \rho}{2} \quad (\text{Ecuacion 1.10})^{17}$$



Fig.1-10. Accesorios que generan pérdidas menores.¹⁸

¹⁷ MOTT, Robert, “Mecánica de fluidos aplicada”, 1996, Cuarta edición, p. 280.

¹⁸ http://todosobrelasvalvulas.blogspot.com/2010_12_01_archive.html

Estas pérdidas también se pueden determinar como fricción y son un compendio a pérdidas mayores producidas por la longitud de la tubería.

Las pérdidas debido a los accesorios y en las variaciones con respecto al diámetro han sido estudiadas en laboratorios y publicadas en la web. (Anexo Tabla 04)

Las pérdidas son una equivalencia en metros que afectan al sistema, la Tabla (1-3) muestra estas equivalencias:

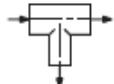
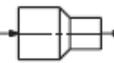
Denominación	Accesorio	Longitudes equivalentes en metros									
		Diámetro interior d del tubo en milímetros									
		9	12	14	18	23	40	50	80	100	
Válvula esférica		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1,0	1,3	
Codo		0,6	0,7	1,0	1,3	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5	
Pieza en T		0,7	0,85	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	7,0	10	
Reductor de 2d a d		0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,9	1,0	2,0	2,5	

Tabla.1-3. Resistencias al caudal ocasionada por accesorios.¹⁹

Una ecuación empírica para dimensionar las tuberías de gases medicinales es la que viene dada por el autor Eduardo Lázaro:

$$D = 18.8x \left[\frac{Q}{V_{xP}} \right]^{1/2} \quad (\text{Ecuacion 1.11})^{20}$$

¹⁹ HESSE Stefan, "Aire comprimido, fuente de energía", FESTO, Alemania, 2002, p. 70

²⁰ LAZARO, Eduardo, "Gases Medicinales", Bioediciones, Argentina, 2008, p. 71

Dónde:

D = Diámetro interior de la tubería en mm

V = Velocidad del fluido en m/s

Q = Caudal total (m³/h)

P = Presión de trabajo a la que se somete a la tubería (bar)

Dicha expresión según la fuente citada fue definida de forma experimental y para lo cual también da ciertos datos en relación a velocidad y presión. Según el libro “**Gases Medicinales**” de Eduardo Lázaro, se recomienda, cuando son usos de gases medicinales la velocidad del fluido no exceda los 15 m/s y se trabaje a 8 m/s, pero en el caso de succión se trabaja con una velocidad de 100 m/s y una depresión de 0.65 bar, esto no es una norma general ya que los equipos pueden generar una mayor depresión, pero se lo toma como una referencia para la aplicación de la fórmula para cálculo de tuberías.

De igual manera conociendo los parámetros del diámetro y el caudal que fluirá por el mismo podemos conocer la velocidad del flujo a la que se encuentra circulando por la tubería, con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{A \times 3600} \quad (\text{Ecuacion 1.12})^{21}$$

Dónde:

V = Velocidad del flujo circulante (m/s)

Q = Caudal que fluye por tramo de tubería (m³/h)

A = Área de sección de tubería circular (m²)

²¹ MOTT, Robert, “*Mecánica de fluidos aplicada*”, 1996, Cuarta edición, p. 146.

1.2.5. Presión atmosférica

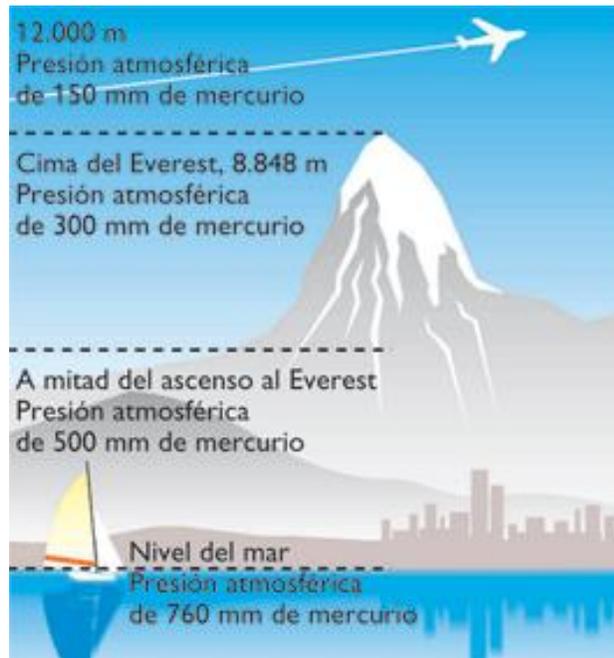


Fig.1-11. Relación entre presión y altitud²²

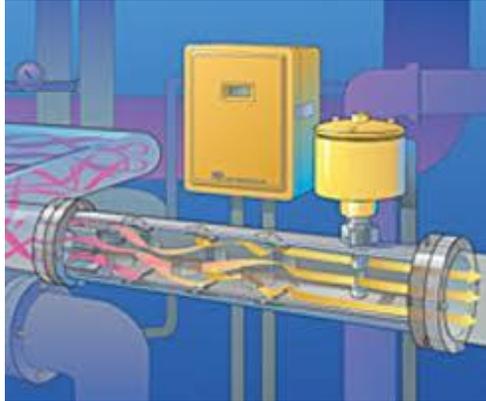
Si se imagina la atmósfera compuesta por diferentes capas, resulta evidente, que cada una de ellas descansa sobre la otra hasta alcanzar la superficie terrestre y sobre ella, percibiremos el resultado de estas cargas sucesivas, que conocemos como presión atmosférica y que es la fuerza que el aire ejerce sobre cada cm^2 de la superficie terrestre por efecto de la fuerza de gravedad. Tal como vemos es la figura (1-11).

Naturalmente, hay que tener en cuenta que nuestro planeta está en constante movimiento sobre sí mismo y alrededor del sol, en consecuencia, cabe imaginar una serie de variaciones en las capas de aire, que se manifiestan como variaciones de la presión. No obstante, su valor podemos establecerlo al nivel del mar y con una temperatura de 20°C en: 101,3 Kpa o (760 mm Hg).

²² http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:PRESION_atm1.png

1.2.6. Caudal

Se define como “Caudal” al volumen de gas que fluye en la unidad de tiempo a través de la entrada de una bomba, dispositivo o sistema de bombeo, figura (1-12). Las unidades son: m³/s; l/min; pie³/min.



*Fig.1-12. Representación de flujo de volumen de un gas en una tubería*²³

En las bombas de vacío dicho caudal varía con la presión y temperatura, según sea el principio de funcionamiento y las características constructivas particulares. Existen curvas típicas para cada tipo de bombas, pero la curva de velocidad de una máquina particular debe ser suministrada por su fabricante.

Para el cálculo de los flujos existentes en las tuberías juntos con los datos anteriores se calcula el factor de pérdida para la ecuación Darcy tal como lo muestra la siguiente expresión:

$$Q = V * A \quad (\text{Ecuación 1.13})^{24}$$

Q = Caudal (m³/s)

V = Velocidad del flujo (m/s)

A = Área de sección de tubería (m²)

²³ <http://www.directindustry.es/prod/fci-fluid-components/acondicionadores-de-flujo-para-medicion-de-caudal-7331-88424.html>

²⁴ DULHOSTE, Jean, “Mecánica de fluidos, flujo en sistema de tuberías”, ULA, p. 02

Todos los datos son conocidos, por lo general el caudal viene dado por los equipos en su capacidad y lo que se tiene son volúmenes de evacuación, obteniéndolos por medio de la sección de tubería y el producto con la longitud equivalente, donde se obtiene así un tiempo a determinar para dejar el sistema nuevamente con el flujo necesario.

Con la ecuación anterior se puede determinar el tiempo que suele ocupar la bomba, para dejar el sistema en condiciones de operación, lo cual se deduce con la siguiente expresión:

$$t = Vlm/Q \quad (\text{Ecuación 1.14})^{25}$$

Q = Caudal (m^3/s)

Vlm = Volumen a evacuar del sistema (m^3)

t = Tiempo de evacuación (min)

Considerando que el factor más importante que se debe tener en cuenta en una instalación de gases es la capacidad total del sistema de bombeo o en este caso del sistema de succión, se toma la capacidad de los equipos, tuberías y accesorios que influyan sobre este sistema.

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{Equipo}} + Q_{\text{Tubería}} + Q_{\text{Accesorios}} \quad (\text{Ecuación 1.15})^{26}$$

Q_{Equipo} : Caudal del equipo (m^3/s).

$Q_{\text{Tubería}} + Q_{\text{Accesorios}}$: Es la suma del flujo que se mantiene constante en las tuberías y los accesorios (m^3/s).

²⁵ DULHOSTE, Jean, “Mecánica de fluidos, flujo en sistema de tuberías”, ULA, p. 04

²⁶ DULHOSTE, Jean, “Mecánica de fluidos, flujo en sistema de tuberías”, ULA, p. 05

1.2.7. Gasto de energía en los diferentes grados de vacío

Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio, su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto se dice que una atmósfera (atm) estándar es igual a 760 mm Hg (milímetros de mercurio). Se utiliza por conveniencia la unidad *Torricelli* (torr) como medida de presión; 1 torr = 1 mm Hg, por lo que 1 atm = 760 torr; por lo tanto 1 torr = 1/760 de una atmósfera estándar, o sea 1 torr = 1.136×10^{-3} atm (1×10^{-3} es igual a 0.001 o igual a un milésimo).

De acuerdo con la definición de la Sociedad Americana de Vacío (1958), el término *vacío* se refiere a “cierto espacio lleno con gases a una presión total menor que la presión atmosférica, por lo que el grado de vacío se incrementa en relación directa con la disminución de presión del gas residual”²⁷. Esto significa que en cuanto más disminuimos la presión, mayor vacío obtendremos, lo que nos permite clasificar el grado de vacío. Entonces, podemos hablar de bajo, mediano, alto y ultra alto vacío, en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores.

Viendo que en la industria se puede manejar varios sistemas de vacío dependiendo de su capacidad de generación se tiene que cada intervalo tiene características propias.

- 1) **Bajo y mediano vacío.** El intervalo de presión atmosférica con estas características se manifiesta desde un poco menos de 760 torr hasta 10^{-2} torr. Con las técnicas usuales para hacer vacío (que se describen más adelante), los gases que componen el aire se evacúan a diferentes velocidades y esto altera la composición de gases del aire residual.

- 2) **Alto vacío.** El intervalo de presión se extiende desde cerca de 10^{-3} hasta 10^{-7} torr. La composición de gases residuales presenta un alto contenido de vapor de agua (H₂O).

²⁷ TALAVERA, Laura, “El vacío y sus aplicaciones”, 1995, México.

- 3) **Ultra alto vacío.** El intervalo de presión va desde 10^{-7} hasta 10^{-16} torr. Las superficies internas del recipiente se mantienen *limpias* de gas. En este intervalo el componente dominante de los gases residuales es el hidrógeno.

El consumo de energía para producir el vacío, aumenta asintóticamente hacia el infinito cuando aumenta el grado de vacío, esto quiere decir que a mayor sea la necesidad de tener un vacío absoluto la energía crece de una forma exponencial. Es importante, para optimizar la relación energética, trabajar con el menor nivel de vacío posible y necesario para cumplir con el cometido deseado.

1.2.8. Medición de vacío

Existen varias formas de expresar un determinado nivel de vacío como lo expresado en la fig. (1-13):

- **Como una presión absoluta:** Valor numérico positivo menor que la presión atmosférica
- **Como una depresión:** Valor numérico negativo para indicar presiones inferiores a la presión atmosférica
- **Como una presión de vacío:** Valor numérico positivo, mayor cuanto menor es la presión absoluta.
- **En porcentaje:** De forma que cuando nos referimos a un vacío del 90 % estamos diciendo que en el sistema, tanque, ventosa, etc. queda solamente el 10% del aire que tendría si estuviese a presión atmosférica. Es decir, se expresa el % de vacío conseguido respecto al vacío absoluto.

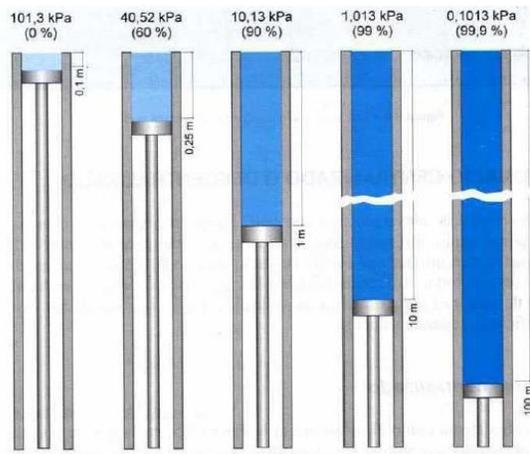


Fig.1-13. Bomba cilíndrica con pistón²⁸

1.3. Aplicaciones técnicas del vacío

Existen diversas razones prácticas por las que es conveniente hacer vacío figura (1-14), a continuación se refiere algunos casos:

- 1) La aspiradora es uno de los ejemplos más sencillos de sistemas que emplean vacío. Se usa para succionar objetos de varias decenas de gramos. Por lo general las aspiradoras son capaces de trabajar a una presión de 1.9-2.9 Psi (3.8-5.9 in Hg) por debajo de la presión atmosférica del lugar 14.7 Psi a nivel del mar (29.9 in Hg).
- 2) La tecnología de vacío es utilizada para extraer la humedad de los alimentos, químicos, productos farmacéuticos, etc., y los gases ocluidos (disueltos) en aceites plásticos, y otros líquidos.
- 3) La producción de jugo de frutas y leche concentrada, son ejemplos de producciones a gran escala basadas en la concentración en vacío, para lo cual no se requiere de alta temperatura para evaporar el agua o solventes contenidos en los productos.
- 4) Para remover los constituyentes de la atmósfera que pudieran causar una reacción física o química, como puede ser la oxidación, durante un cierto proceso, por ejemplo, la fundición en vacío de metales reactivos como el titanio.

²⁸ International Training SMC, pneumatic.

5) Para modificar una cierta condición de equilibrio que existe en condiciones ambientales normales, como para remover gas disuelto u ocluido o líquido volátil de la parte interna de un material, por ejemplo, en procesos de secado al vacío.

6) Para aumentar la distancia que un átomo, molécula o electrón debe viajar antes de chocar con otro, lo cual ayuda a que en un cierto proceso las partículas se muevan sin colisión entre la fuente y el blanco, por ejemplo, en recubrimientos al vacío, aceleradores de partículas, cinescopios de televisión y monitores de computadoras.

7) Para reducir el número de impactos de las moléculas del gas ambiental con una cierta superficie preparada en vacío, por ejemplo, en la preparación de películas delgadas puras, o en estudios de superficies limpias.

8) Para la producción de nuevos materiales y para el enriquecimiento o la separación de los isótopos de los elementos.

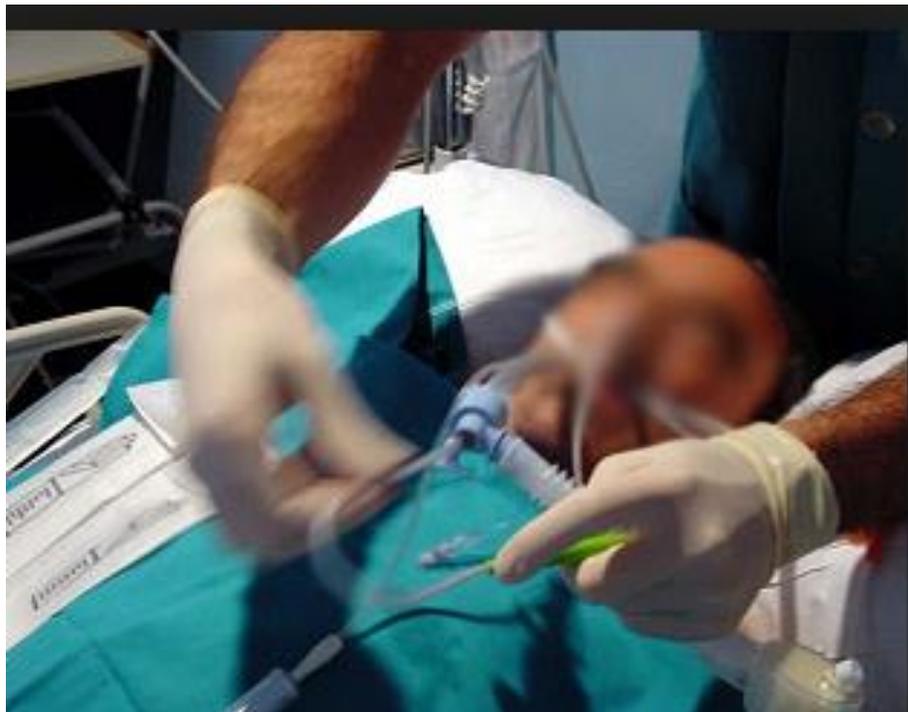


Fig.1-14. Aplicaciones técnicas de vacío²⁹

²⁹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Vac%C3%ADo>

1.3.1. Uso medicinal del vacío

Se refiere al espacio desprovisto de aire o gases. Produce el efecto de succión y se usa en remoción de fluidos.

Altos niveles de vacío pueden producir lesiones importantes en los tejidos orgánicos.

El vacío tiene aplicaciones en:

- Limpieza de vías respiratorias
- Drenajes generales de sangre y secreciones
- Limpieza de heridas en cirugía

Su capacidad de flujo para un uso medicinal viene regulada por la norma NFPA 99 al igual que el color que se designa para cada gas medicinal que se instalan en los hospitales tal como lo muestra la Tabla (1-4):

Gas Service	Abbreviated Name	Colors (Background/Text)	Standard Gauge Pressure
Medical air	Med Air	Yellow/black	345–380 kPa (50–55 psi)
Carbon dioxide	CO ₂	Gray/black or gray/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Helium	He	Brown/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Nitrogen	N ₂	Black/white	1100–1275 kPa (160–185 psi)
Nitrous oxide	N ₂ O	Blue/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Oxygen	O ₂	Green/white or white/green	345–380 kPa (50–55 psi)
Oxygen/carbon dioxide mixtures	O ₂ /CO ₂ n% (n is % of CO ₂)	Green/white	345–380 kPa (50–55 psi)
Medical–surgical vacuum	Med Vac	White/black	380 mm to 760 mm (15 in. to 30 in.) HgV
Waste anesthetic gas disposal	WAGD	Violet/white	Varies with system type
Other mixtures	Gas A%/Gas B%	Colors as above Major gas for background/ minor gas for text	None
Nonmedical air (Level 3 gas-powered device)		Yellow and white diagonal stripe/black	None
Nonmedical and level 3 vacuum		White and black diagonal stripe/black boxed	None
Laboratory air		Yellow and white checkerboard/black	None
Laboratory vacuum		White and black checkerboard/black boxed	None
Instrument air		Red/white	1100–1275 kPa (160–185 psi)

Tabla.1-4. Designación estándar de colores y presiones de operación para gases y sistemas de vacío.³⁰

³⁰ Normas NFPA 99, “Standard for health care facilities”, Edition 2005, Cap. 5, p. 99-60.

La cantidad de un gas medicinal, en este caso específico de consumo de vacío vendrá direccionado desde cada área y se medirá por cada toma de conexión. Existen valores de consumo de los gases que se miden en lts/min, para los cuales existe un consumo teórico que corresponde al valor máximo de consumo en su capacidad total y el consumo esperado que es el que tiene más posibilidades de acercarse al valor real.

En la tabla (1-5) se muestra los consumos teóricos para cada zona hospitalaria así como los coeficientes de uso.

ÁREA DE APLICACIÓN	OXÍGENO		VACÍO		AIRE	
	[lts/min]	Coefic.	[lts/min]	Coefic.	[lts/min]	Coefic.
Cama normal	6	0.2	5	0.3	--	--
Cama especial	30	0.4	10	0.3	30	0.2
Unidad coronaria	10	0.7	10	0.3	30	0.2
Terapia adultos	25	1	60	0.7	30	0.8
Terapia pediátrica	20	0.5	7	0.3	10	0.6
Quirófano	20	0.1	80	0.7	15	0.5
Sala de partos	7	0.5	15	0.3	--	--
Neonatología	20	1	10	0.5	10	0.7
Imágenes	10	0.2	20	0.3	30	0.3
Resonancia	15	0.2	25	0.2	30	0.2
Laboratorio	--	--	25	0.3	50	0.5
Kinesiología	10	0.2	5	0.3	30	0.2
Neumonología	15	0.2	20	0.3	15	0.2
Guardia	15	0.5	20	0.5	10	0.2

Tabla.1-5. Consumo de gases medicinales³¹

Cada área hospitalaria cuenta con un flujo determinado para su posterior implementación tal como la Norma NFPA 99 lo requiere y se determina con la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{real}} = Q_{\text{teórico}} * \text{factor}_{\text{uso}} \quad (\text{Ecuación 1.16})^{32}$$

³¹ LAZARO, Eduardo, “Gases Medicinales”, Bioediciones, Argentina, 2008, p. 70

³² Fuente propia

$Q_{\text{real}} = \text{Caudal real (m}^3/\text{s)}$

$Q_{\text{teórico}} = \text{Caudal teórico (m}^3/\text{s)}$

Factor de uso= (Adimensional)

1.3.2. Sistema de conducción de vacío medicinal

La producción de vacío para una institución médica utiliza principios muy similares que los gases medicinales por lo que son la base en cuanto a exigencias y consideraciones se refiere. En algunas casas de salud en especial cuando no son de grandes magnitudes se utilizan motores eléctricos “succionadores” que generan vacío y pueden ser trasladados muy fácilmente, pero actualmente se tiende a generar vacío desde un lugar centralizado lo que evita que los pacientes puedan contagiar o ser contagiados por agentes externos, además de asegurar un correcto funcionamiento por su debido mantenimiento periódico y de una no manipulación constante del operador.

Las etapas de un sistema de vacío son como las muestra la figura (1-16).

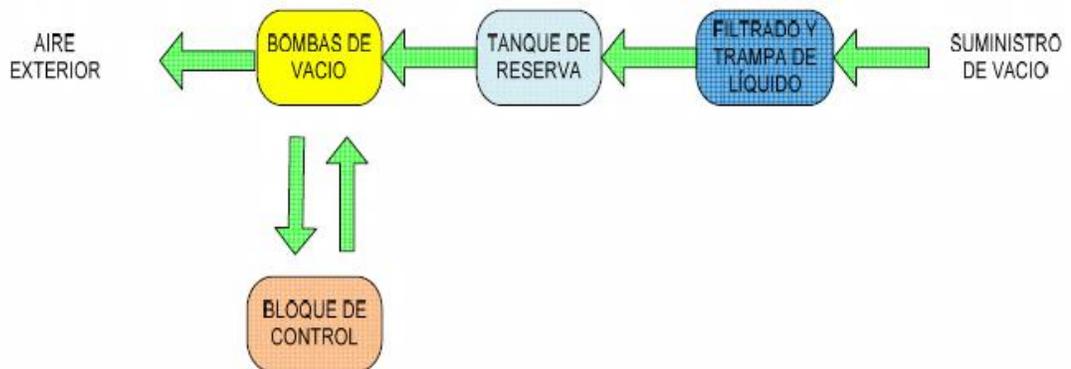


Fig.1-15. Etapas de un sistema de vacío³³

³³ LAZARO, Eduardo, “Gases Medicinales”, Bioediciones, Argentina, 2008, p. 63

En el diagrama de bloques se observa todo el funcionamiento de un sistema abierto de vacío por etapas, el cual inicia desde los equipos a los cuales se suministra el vacío que en este caso estará directamente conectado con las tomas de pared, luego pasa por el filtrado y trampa de líquido, llega hasta el tanque de reserva y luego al origen de la generación del vacío que en este caso son las bombas y que por lo general se utilizan dos para que una quede de reserva al momento del mantenimiento, que de igual manera están enlazadas a un bloque de control el cual mantiene todos los parámetros y las alarmas en los niveles adecuados de funcionamiento.

Debido a que el funcionamiento de un sistema de vacío es a la inversa de la generación y difusión del resto de gases medicinales, se debe tener un especial cuidado con lo que a su tratamiento se refiere, ya que dentro de sus aplicaciones generalmente el vacío atrae líquidos y partículas que debe ser tratados y filtrados adecuadamente tanto para evitar una contaminación al ambiente como para evitar un deterioro de los equipos, manteniendo su adecuado funcionamiento; es por este mismo motivo que los sistemas de vacío no son cerrados sino directamente abiertos.

Todo lo que tiene que ver con instalaciones para gases medicinales esta detallado en la norma americana donde se muestra los: “Requerimientos del sistema según la NFPA 99”³⁴:

- 1.- Dos o más bombas de vacío son suficientes para abastecer la demanda pico calculado aun cuando la bomba más grande esté fuera de servicio.
- 2.- Un medio automático para prevenir contraflujo de cualquier bomba en servicio a otra bomba en reserva.
- 3.- Una válvula de apagado u otro medio para aislar cada bomba de vacío del sistema central y otras bombas para mantenimiento o reparación sin pérdida del vacío en el sistema.
- 4.- Un tanque de almacenamiento para vacío.

³⁴ Normas NFPA 99, “*Standard for health care facilities*”, Edición 2005, Cap. 5, Pag. 99-46

5.- Las conexiones entre las bombas de vacío, el tanque y la válvula de desconexión deben estar en concordancia con la norma que indica que deben ser de cobre tipo “L o K” excepto que acero inoxidable o galvanizado pueda usarse.

6.- Los materiales y equipos usados entre la descarga de la bomba y la fuente de vacío permite utilizar cualquier diseño o construcción apropiada para el servicio, como esté determinado por el fabricante.

Esquema de sistema de vacío medicinal figura (1-16)

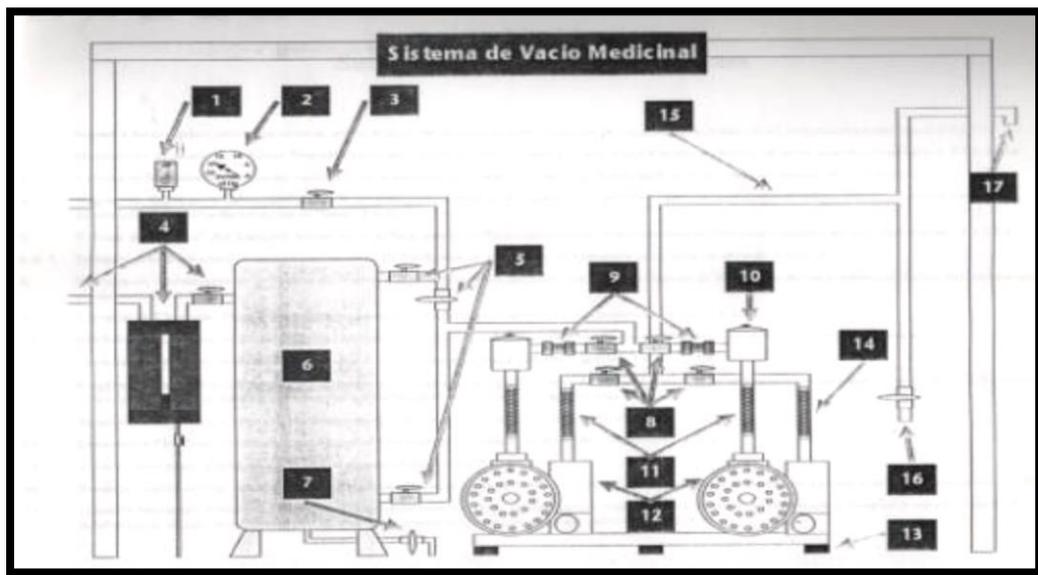


Fig.1-16. Esquema del sistema generador de vacío³⁵

1. Sensor o Interruptor.
2. Manómetro de vacío de la línea principal.
3. Válvula de suministro. Deberá ser localizada en la inmediata vecindad del sistema de vacío médico.
4. Sistema de vacío para laboratorio. Opcional.
5. Válvula de “by pass” del tanque. Deberá proporcionarse para no eliminar el suministro cuando se aísla el tanque del resto del sistema.

³⁵ Metalúrgica Modenesi, Tausem S.A., Air Liquide Argentina S. A. y Norma NFPA 99.

6. Tanque. Deberá resistir presiones de succión de hasta 29,9" de Hg y deberá tener un sistema de drenaje tal como lo indica la norma NFPA 99.

7. Drenaje.

8. Válvulas de aislamiento de la bomba de vacío. Son permitidas para detener el servicio individual de las bombas de vacío, mientras el resto del sistema opera normalmente.

9. Válvulas de retención.

10. Filtros de entrada.

11. Juntas expandibles. Evitar la transmisión de vibraciones.

12. Bombas de vacío

13. Monturas anti vibratorias.

14. Juntas expandibles a la descarga.

15. Ducto de descarga.

16. Drenaje de condensado.

17. Descarga al ambiente.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se explicara sobre las generalidades de cada sección del diagrama de bloques, describiendo su funcionamiento, sus rangos de aplicación y su integración al sistema de vacío del hospital. La figura (1-17) muestra un esquema de la instalación de vacío hospitalario.

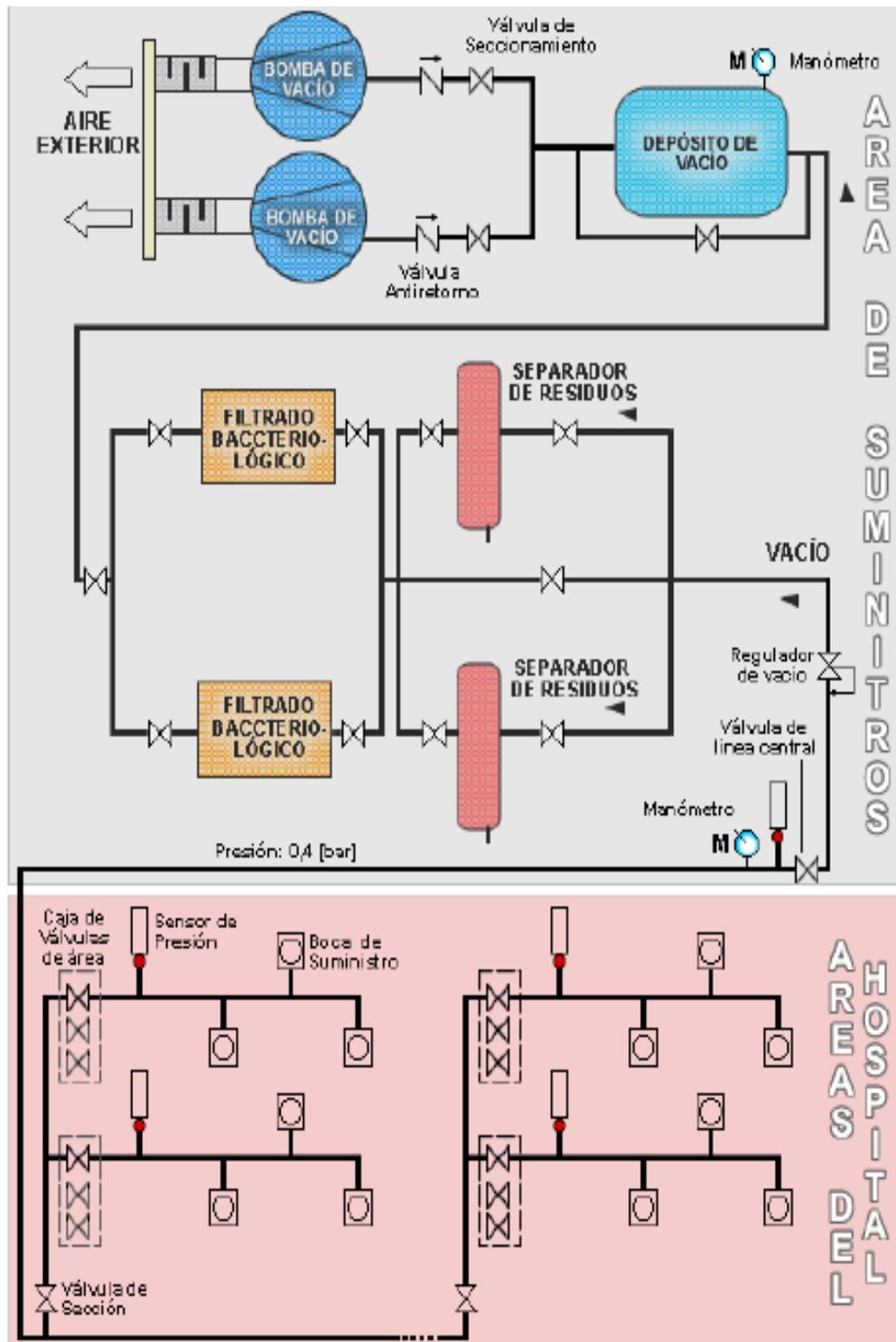


Fig.1-17. Esquema de instalación de vacío hospitalario³⁶

³⁶ LAZARO, Eduardo, "Gases Medicinales", Bioediciones, Argentina, 2008, p. 68

1.3.3. Métodos para la obtención de vacío

Una vez que se conoce el esquema de instalación de un sistema de vacío hospitalario se procede a una descripción de los componentes que influyen dentro del mismo. Los métodos para la obtención de vacío se pueden conseguir por medio de bombas las cuales se clasifican en dos grupos, figura (1-18):

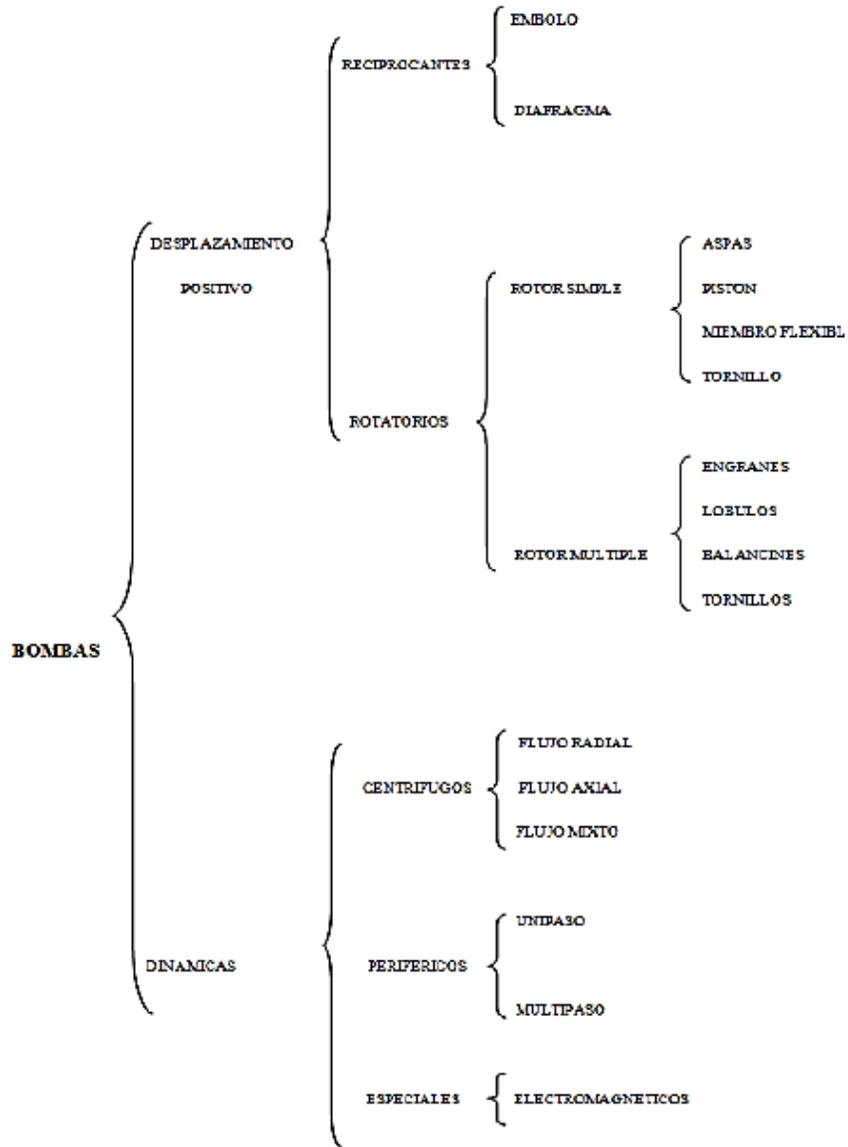


Fig.1-18. Clasificación de bombas³⁷

³⁷ GREENE Richard, “Compresores: Selección, uso y mantenimiento”, Mac Graw-Hill, México, 1988

1.3.3.1. Bomba de desplazamiento positivo

Lo ideal es que estas bombas envíen una cantidad fija de fluido en cada revolución del rotor o eje impulsor de la bomba, figura (1-19). La capacidad de la bomba solo se ve afectada en forma moderada por los cambios de presión, debido a deslizamientos pequeños ocasionados a su vez por los holguras entre la carcasa y el rotor, pistones, aspas y otros elementos rotativos. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo operan con líquidos de un rango amplio de viscosidades.

Este método involucra a un volumen de fluido retenido interiormente, para ser evacuado, desde la cámara y la compresión de este volumen hacia una cámara mucho más pequeña y entonces la descarga del gas a través de una válvula de escape.



*Fig.1-19. Bombas de desplazamiento positivo*³⁸

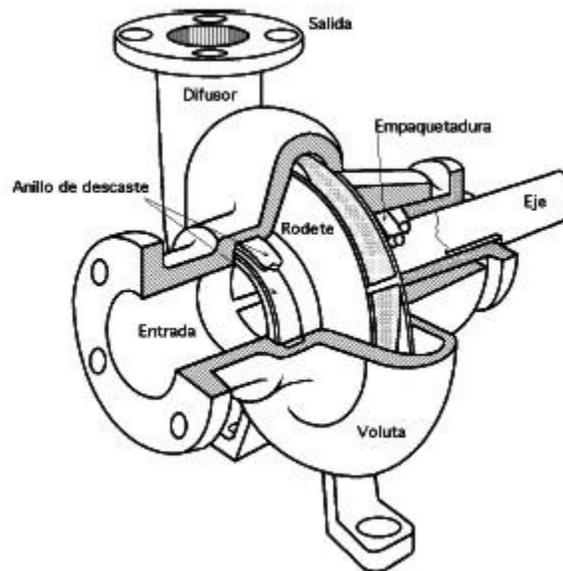
1.3.3.2. Bombas Dinámicas

Estas bombas agregan energía al fluido cuando lo aceleran con la rotación de un impulsor figura (1-20). El fluido se lleva al centro del impulsor y después es

³⁸ <http://ancoeaglin.com/waukesha-sanitary-pumps/?lang=es>

impulsado hacia afuera por las aspas. Al salir del impulsor, el fluido, pasa por una vuelta en forma de espiral, donde baja en forma gradual y ocasiona que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido.

El tipo de impulsor que la bomba tenga (flujo axial) depende de la acción hidrodinámica de las aspas del impulsor para elevar y acelerar el fluido en forma axial, a lo largo de una trayectoria paralela al eje de este. La bomba de flujo mixto incorpora ciertas acciones tanto del tipo centrífugo radial como del impulsor.



*Fig.1-20. Bombas dinámicas*³⁹

1.3.3.3. Curvas características de una bomba.

Las prestaciones de una bomba, y en especial de las bombas roto dinámicas, están ilustradas con una curva tal que evidencia perfectamente la relación entre el líquido en movimiento por unidad de tiempo y el aumento de la presión figura (1-21). Pero las curvas referidas a las distintas categorías de bombas tienen características muy diferentes. Por ejemplo, las bombas volumétricas presentan un volumen de caudal independiente de la diferencia de presión (y la curva respectiva es, casi siempre, una línea vertical), mientras que las bombas centrífugas tienen una curva de

³⁹ <http://cucobooms.wordpress.com/about/>

prestación que, como ya se conoce va aumentando la altura de elevación mientras se opone la disminución del caudal y viceversa. La curva de las bombas periféricas, en cambio, tienen la categoría de indicar su nivel de pérdida de presión a medida que su flujo aumenta.

Una regla general para comprender las fuerzas desarrolladas por una bomba centrífuga es la siguiente: una bomba no crea presión sino que aporta sólo caudal. La presión es nada más que la medida de la resistencia del caudal.

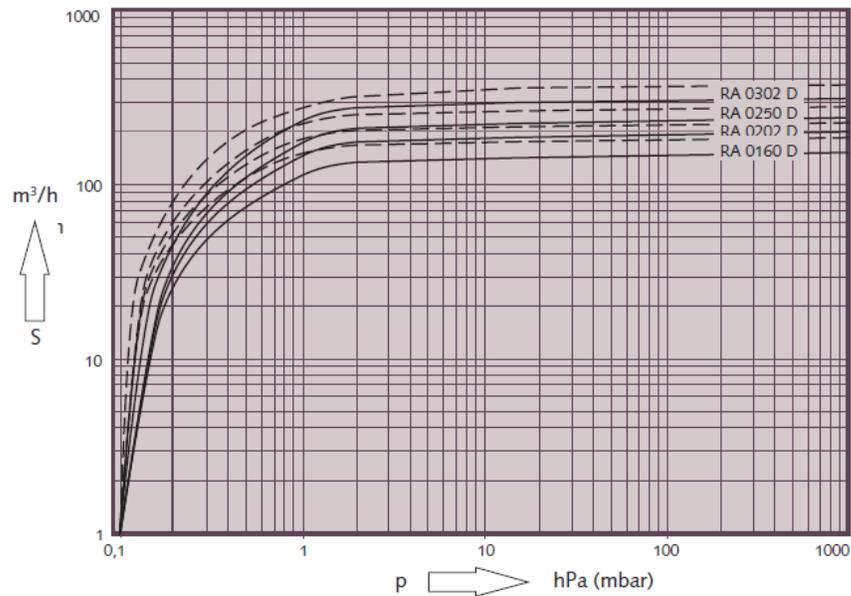


Fig. 1-21. Curva general de una bomba volumétrica Q vs P ⁴⁰

1.3.4. Parámetros para el cálculo del consumo de vacío

Un criterio que se debe tener muy claro para una selección de bombas de vacío es lo que se conoce como scfm y acfm.

Scfm: es la cantidad de fluido que circula en un determinado tiempo que se mide de forma estándar a las características del nivel del mar. (14.7 psi; 70 °F).

⁴⁰ Anexo 7. “Especificaciones técnicas de las bombas de vacío Busch”

Acfm: Es la cantidad de fluido que circula en un determinado tiempo que se mide en las condiciones de trabajo reales.

Normalmente las acfm son mayores que las scfm ya que a medida que se varía la altura de la ubicación del sistema o la temperatura del mismo, estas tienden a ser menores y por lo tanto se necesita compensar con una mayor capacidad de la bomba, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$acfm = scfm \frac{29.92}{P} \times \frac{T + 460}{520} \quad (\text{Ecuacion 1.17})^{41}$$

P = Presión real de trabajo a la cual está descargando las scfm (in Hg).

T = Temperatura real de trabajo a la cual está descargando las scfm (°F).

$scfm$ = Flujo Estándar (pies³/minuto).

1.3.5. Bombas de vacío

Son dispositivos que generan vacío mediante la utilización de un motor eléctrico. Se emplean cuando se requieren elevados caudales de aspiración, existen de varias tecnologías y por ende muchas aplicaciones distintas también, son comunes.

La selección de las bombas de vacío que va a emplearse en un cierto proceso está definida por los parámetros específicos, los cuales determinan sus propiedades. Los parámetros más importantes en los sistemas de vacío son: la presión más baja que puede lograr, el intervalo de presión, la velocidad de bombeo, la presión de descarga y el gas residual.

⁴¹ FRANKEL Michael, “*Facility piping systems handbook*”, McGraw Hill, 2da. edition, p. 15.4

1.3.5.1. Clasificación de las bombas de vacío

Estas se presentan de acuerdo con su intervalo de presión figura (1-23).

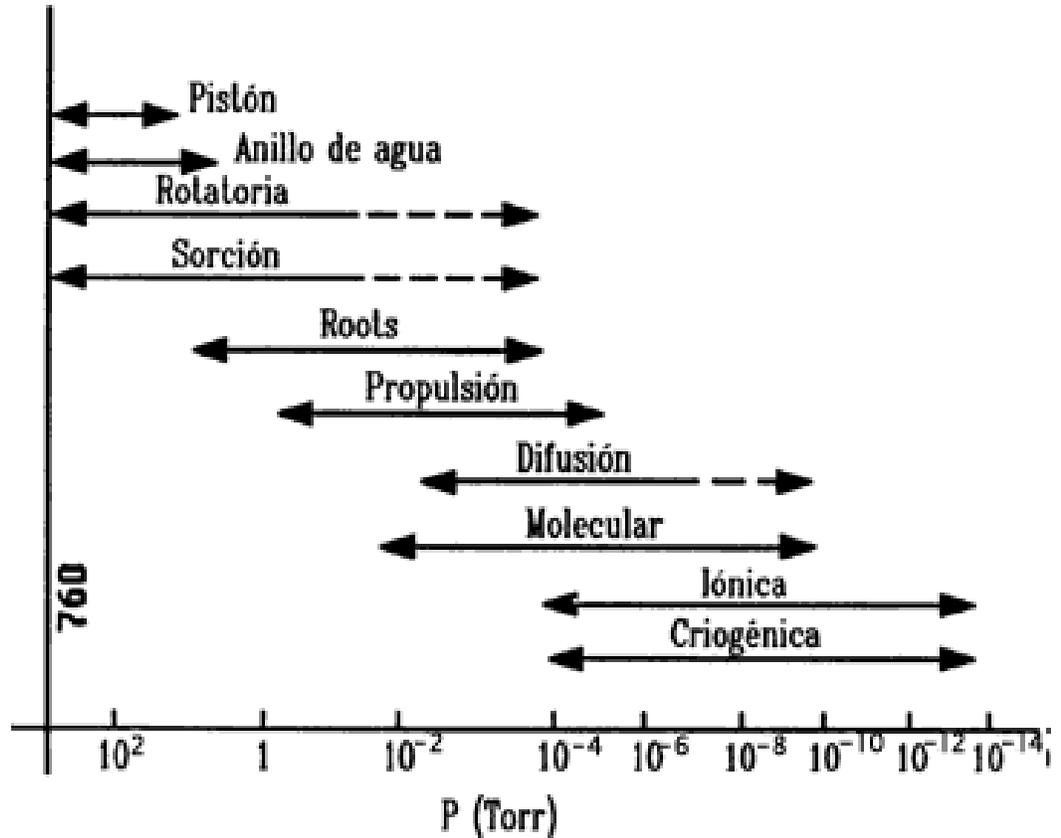


Fig.1-22. Rangos de presión de bombas de vacío⁴²

1.3.5.2. Descripción

Cada una de las bombas descritas en la fig. (1-22). tienen un funcionamiento específico al igual que un rendimiento de acuerdo a su fabricante, forma de sellado, capacidad de motor, etc., en este caso van direccionadas a generar y buscar obtener los grados de vacíos descritos en el ítem 1.3. Los cuales se ocupan para diferentes procesos en la industria y en general.

⁴² http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_8.htm

1.3.5.3. Requerimientos de las bombas según la NFPA 99

Se muestran las indicaciones en lo referentes a las bombas tal como las siguientes⁴³:

- Las bombas de vacío deben estar fabricadas de materiales considerados apropiados por el fabricante.
- Soportes o monturas anti vibratorias deben ser instaladas para las bombas de acuerdo a la dinámica y localización del sistema y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Conectores flexibles deben conectar las bombas de vacío con las tuberías de succión y de descarga.
- Para bombas de anillo líquido, la calidad del agua debe ser de una calidad recomendada por el fabricante de la bomba así como las de paletas rotativas lubricadas con el aceite sintético específico.

Tomando como referencia las indicaciones de la norma NFPA 99 con relación a la bomba, queda claro que la bomba más adecuada y la recomendada para la aplicación en uso hospitalario son las bombas de paletas rotativas.

1.3.5.4. Bomba de Paletas Rotativas.

La bomba de paletas rotatorias figura (1-23) posee dos ductos, uno de dimensiones mayores respecto al otro.

El ducto mayor da al exterior de la bomba (conexión con la cámara a desalojar), y dentro de la bomba hasta el estator; es considerado como la entrada al estator. Por otra parte, el ducto pequeño es la salida del estator y conduce a un recipiente parcialmente lleno de aceite.

Al final del ducto menor se coloca una válvula de descarga, la cual regula la salida de gas del estator al recipiente. El recipiente a su vez tiene salida al exterior de la bomba.

⁴³ Normas NFPA 99, “*Standard for health care facilities*”, Edición 2005, Cap. 5, p. 99-46

El funcionamiento de la bomba de paletas rotatorias es sencillo: al girar el rotor provoca que las paletas se deslicen sobre las paredes del estator (con una presión uniforme debido al resorte que sostiene a las paletas) a1, esto permite la entrada del gas entre el estator y el rotor a2 y a3; después se mueve el volumen de gas contenido en esta región hasta la salida del estator a4.

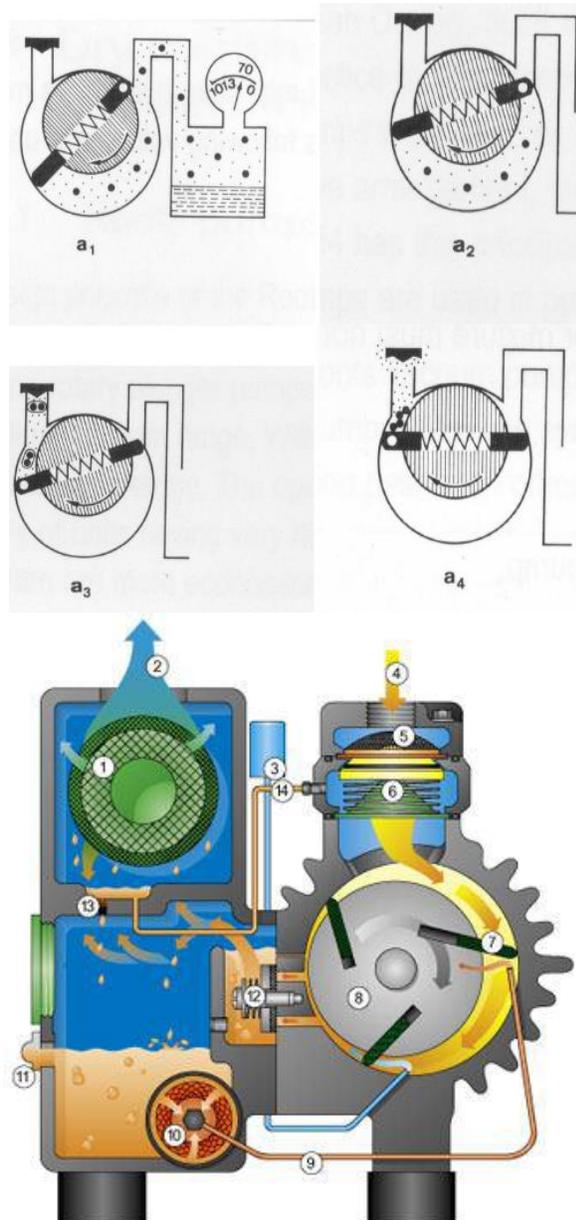


Fig.1-23. Descripción del funcionamiento de una bomba de paletas rotativas⁴⁴

⁴⁴ http://www.galileog.com/tecnologia/vacio/bomba_mecanica/bomba_mecanica.htm

Inconvenientes:

Elevado calor

Precio alto

Alta frecuencia de mantenimiento

Riesgo de contaminación del fluido

Ventajas:

Alto vacío y gran caudal

Ruido relativamente bajo

En la gran variedad de bombas de paletas encontramos las siguientes características:

- Las bombas de paletas son usadas en instalaciones con una presión máxima de 200 bares.
- Un caudal uniforme (libre de pulsos) y un bajo nivel de ruido.
- El anillo estator es de forma circular y excéntrico con respecto al rotor. Esta excentricidad determina el desplazamiento (caudal).
- Cuando la excentricidad sea cero no existe un caudal, por lo tanto, no se entregará líquido al sistema. Esto permite regular el caudal de las bombas de paletas.
- Las paletas son la parte delicada en este tipo de bombas.
- Las bombas de paletas son relativamente pequeñas en función de las potencias que desarrollan y su tolerancia al contaminante es bastante aceptable.

La vida útil de este tipo de bombas es muy grande, siempre y cuando se haga periódicamente una revisión y esto por la siguiente razón:

Las paletas son la parte delicada en este tipo de bombas. Cuando ellas permanecen paradas por un tiempo prolongado, las paletas pueden pegarse dentro de sus ranuras de alojamiento. Estas adherencias se deben a los residuos de los productos transportados y como consecuencia, la bomba no trabajará. Para garantizar otra vez un buen funcionamiento hay que limpiar las piezas móviles y verificar que las paletas se deslicen libremente en sus guías.

1.3.6. Tanque de reserva para vacío

Debe cumplir ciertas características basadas en las normas NFPA 99⁴⁵, como son:

- 1.- Fabricado a partir de materiales ferrosos y/ o no ferrosos figura (1-24).
- 2.- Deben resistir una presión de 101.2 kPa (14.7 psi) o (29.9 in Hg).
- 3.- Estar equipado con una válvula manual para drenaje.
- 4.- La capacidad debe ser basada en la tecnología de la bomba.

El tanque de vacío debe permitir labores de mantenimiento sin apagar el sistema de vacío con uno de los siguientes métodos:

- Instalando una válvula de aislamiento en los casos en que el tanque esté conectado como una “T” a la tubería troncal.
- Conectando el tanque en el extremo de una tubería con válvula para aislamiento.
- Instalando un by – pass de 3 vías.



Fig.1-24. Depósito de almacenamiento

⁴⁵ Normas NFPA 99, “*Standard for health care facilities*”, Edición 2005, Cap. 5, p. 99-46

1.3.7. Sistema de filtrado

1.3.7.1. Filtro bacteriológico

El filtro de bacterias HEPA, es un sistema de filtrado que debe existir tanto para el cuidado del medio ambiente y del equipo, debe poseer una eficiencia superior al 99% para eliminar las bacterias y esporas.

Los filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) se distingue por su porcentaje de eficiencia de 99.97 % que son los más usados y que por la capacidad de filtrado indica que el tamaño mínimo de partículas para el caso es de 0.3 micrones de diámetro figura (1-25).

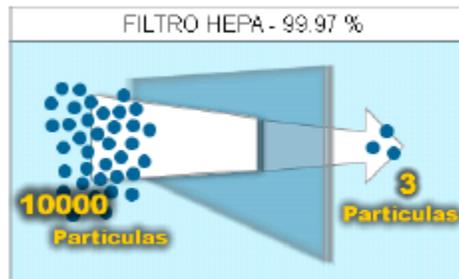


Fig.1-25. Eficiencia de filtros HEPA.⁴⁶

Los elementos que constituyen el filtro HEPA son:

- Medio filtrante o papel
- Separadores
- Marco
- Adhesivos
- Burlete

Medio filtrante o papel: inicialmente se utilizaron fibras groseras como soporte para fibras ultra finas de amianto. Posteriormente se usaron fibras de celulosa y amianto, vidrio o fibras plásticas. El papel de celulosa y amianto es el más económico de los medios filtrantes. El papel de vidrio es actualmente el más común en los medios

⁴⁶ LAZARO, Eduardo, “*Gases Medicinales*”, Bioediciones, Argentina, 2008, p. 57

filtrantes para los filtros HEPA. La conformación del material filtrante y los separadores pueden apreciarse en la figura (1-26).

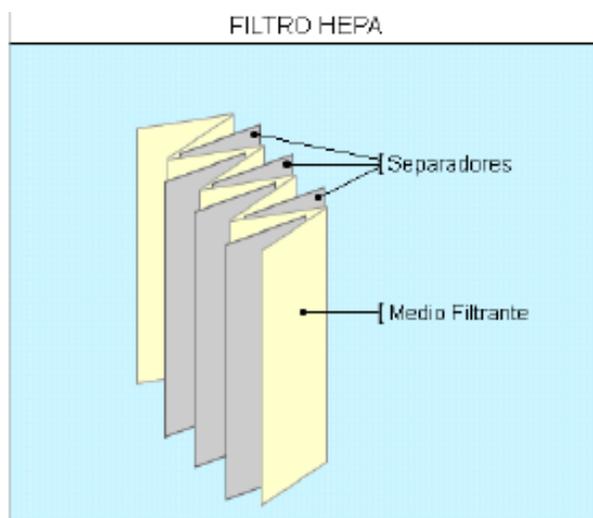


Fig.1-26. Conformación de materiales HEPA.⁴⁷

La selección del filtro HEPA: otro de los factores que se deben tomar en cuenta en este tipo de filtros es la resistencia al flujo de aire que poseen, por lo tanto deberán conocerse los datos del fabricante respecto al caudal para el que está destinado el filtro y su resistencia para cubrir sin dificultades las necesidades. Lo ideal es optar por tamaños grandes para evitar problemas de flujo y por otro lado no sobrecargar el rendimiento del filtro.

Es importante destacar que existe en el mercado una gran variedad de filtros con diferentes especificaciones e inclusive filtro multipropósitos, por lo tanto se debe tener cuidado al momento de seleccionar el conjunto de filtros de manera que afecte en lo mínimo de caídas de presión.

El bloque de filtrado puede venir con un “By-Pass”, que permita hacer los mantenimientos respectivos al momento de cambiar el papel filtrante.

⁴⁷ LAZARO, Eduardo, “Gases Medicinales”, Bioediciones, Argentina, 2008, pág. 58

1.3.8. Tuberías y Accesorios

Según la norma NFPA 99 en relación a las tuberías y accesorios para gases a presión, se debe tomar en cuenta las consideraciones presentadas en el Anexo 1 y Anexo 2, referentes a los tipos de tubería e instalaciones de accesorios para este tipo de sistemas.

1.3.8.1. Uniones soldadas.

Debe ser con soldadura autógena con punto de fusión superior a las 538°C

Las uniones entre materiales diferentes deben realizarse con material de aporte metalúrgicamente compatible

Las uniones cobre con cobre deben realizarse usando aleaciones de cobre-fósforo o cobre-fósforo-plata de la serie (BCuP) sin fundente.

1.3.8.2. Localización de tubería.

Instalar en el mismo ducto de tuberías de gases combustibles, derivados de petróleo o combustible líquido, líneas eléctricas, de vapor, siempre que el espacio sea ventilado natural o mecánicamente y que la temperatura no supere los 54 ° C. No debe instalarse en ductos de elevadores, cocinas y sitios de llama abierta.

Las líneas de descarga de la fuente deben cumplir con las especificaciones de la norma NFPA 99, (Anexo 02).

1.3.8.3. Soportes

Las redes que conducen gases medicinales horizontales ó verticales estarán soportadas adecuadamente por medio de ganchos, platinas o ángulos fabricados totalmente en aluminio las cuales reúnen las propiedades de resistencia y calidad necesaria acorde con los diámetros utilizados y la longitud de las tuberías figura (1-27).

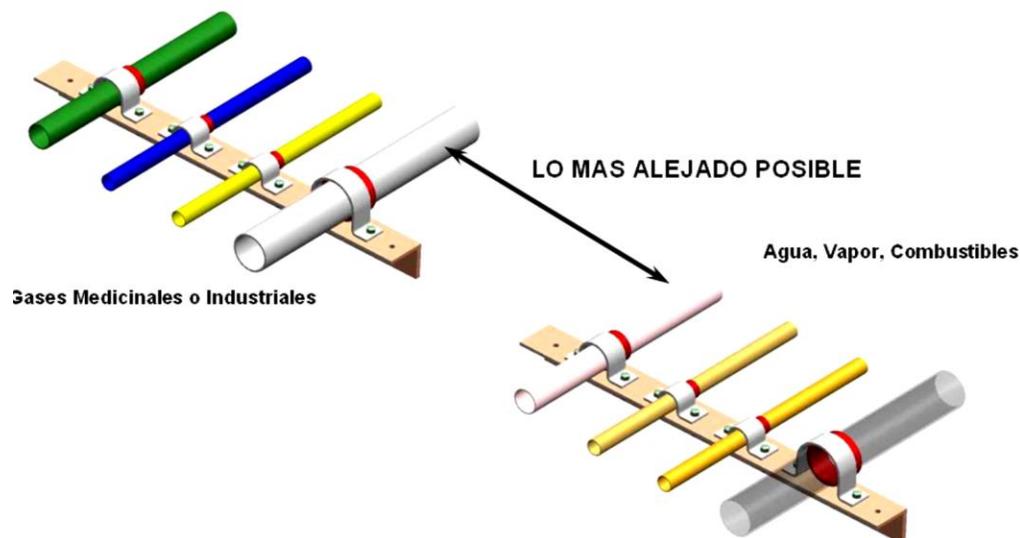


Fig.1-27. Distancia entre tuberías de productos distintos

Para evitar la humedad potencial y el contacto metal-metal entre el tubo y el soporte este tramo de tubería se puede aislar con plástico o neopreno.

Las distancias máximas entre soportes estarán de acuerdo con los diámetros de tubería tabla (1-6).

DIÁMETROS	mm	ft
DN8 (NPS 3/4) (3/8 in. O.D)	1520	5
DN10(NPS3/8)(1/2in. O.D)	1830	6
DN15 (NPS 1/2) (5/8 in. O.D)	1830	6
DN20 (NPS 3/4) (7/8 in. O.D)	2130	7
DN25 (NPS 1) (1-1/8 in. O.D)	2440	8
DN32 (NPS 1 1/4) (1-3/8 in. O.D)	2740	9
DN40 (NPS 1 1/2) (1-5/8 in. O.D)	3050	10
Tubería vertical no debe exceder de	4570	15

Tabla. 1-6. Distancia según norma NFPA 99 para soportería⁴⁸

⁴⁸ Normas NFPA 99, “Standard for health care facilities”, Edición 2005, Cap. 5, p. 99-58

Los soportes de la tubería de acuerdo a la norma NFPA 99, deben ser de aluminio y al mismo tiempo no deben estar en contacto directo cobre-acero para evitar la corrosión que en este puede producir figura (1-28).



Fig.1-28. Soportería de aluminio.⁴⁹

Nota: Los accesorios y el manejo de la tubería para su instalación vienen detallados en el Anexo 2.

1.3.9. Componentes de control

El sistema de vacío medicinal debe tener elementos que permitan su manejo adecuado y su distribución específica hasta las zonas necesarias, a continuación se detallan dichos componentes.

⁴⁹ <http://www.galcosa.com/soportes.html>

1.3.9.1. Cajas de corte

Por razones de seguridad y operabilidad, un sistema centralizado de gases, debe estar equipado con, cajas de corte, de tal forma que el suministro de gas sea fácilmente cortado ante cualquier eventualidad o requerimiento de servicio técnico.

Las cajas de corte deben ser empotradas en la pared, de un tamaño que depende de los gases que se controlan, completamente alineadas con la vertical.

Se instalaran para que cumplan como función básica controlar el suministro del gas medicinal a un área crítica figura (1-29).

Estas se encuentran dentro de cajas metálicas provistas de ventanillas removibles que posean la suficiente amplitud para permitir la operación manual de las válvulas.

Deben estar identificadas de la siguiente manera⁵⁰:

- Calcomanía en el acrílico con el nombre del gas indicando la entrada del flujo.
- Etiqueta con señal o símbolo químico: **(Nombre del gas medicinal)**
- Etiqueta con señal de **No cerrar excepto en caso de emergencia.**
- Esta válvula controla el suministro al área.



*Fig.1-29. Cajas de corte*⁵¹

⁵⁰ Normas NFPA 99, “Standard for health care facilities”, Edición 2005, Cap. 5, p. 99-59

1.3.9.2. Válvulas de corte

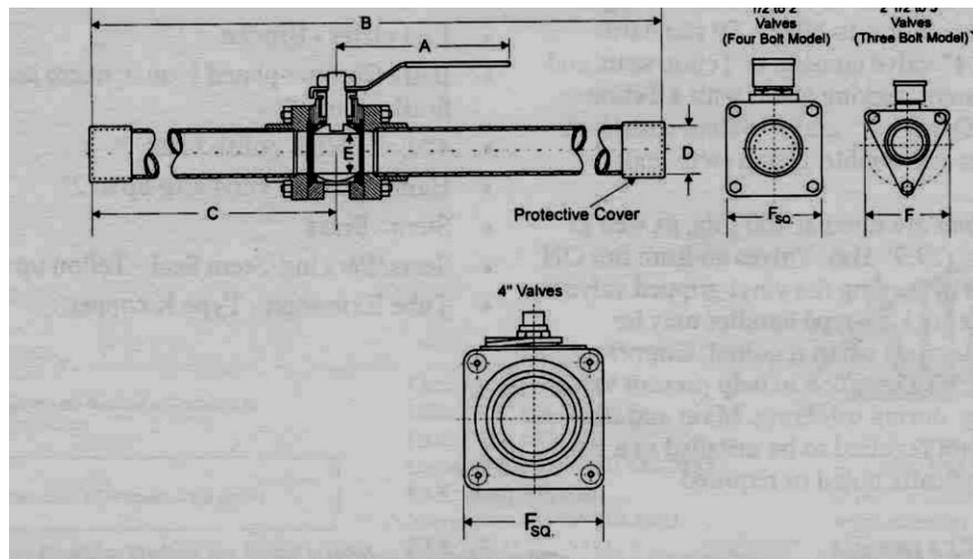
Es un accesorio utilizado en la tubería, instalado por razones de seguridad o de un mantenimiento, su función es interrumpir el suministro de gas en forma instantánea en un determinado piso o área.

Las líneas principales de suministro que sube por el ducto a cada piso, contará con una válvula de corte localizada en un lugar fácilmente accesible en caso de emergencia.

Las válvulas de corte instaladas en líneas principales del ducto a la subida de cada piso se dispondrán de tal manera que al cerrarlas no interrumpan el suministro de gases medicinales al resto de pisos.

Deben ser de $\frac{1}{4}$ de vuelta, de bola, deben ser de latón o bronce, tener extensión para la suelda autógena, estar compuestas de 3 cuerpos para su mantenimiento evitando tener que cortar y romper paredes figura (1-30) y tabla (1-7).

El diámetro de la válvula varía dependiendo la ubicación y el gas a utilizar.



*Fig.1-30. Válvula de corte*⁵²

⁵² http://jaequipos.com.co/Support_3.html

⁵² http://jaequipos.com.co/Support_4.html

DESCRIPCION		MATERIAL
1	Tapa	ASTM A 105 zincado ó ASTM A 182/F 316
2	Cuerpo	ASTM A 105 zincado ó ASTM A 182 /F 316
3	Esfera	AISI 316
4	Vástago	AISI 316
5	Asiento	Teflón o Teflón reforzado
6	Junta de vástago	Teflón reforzado
7	Separador	Acero al carbono zincado ó AISI 316
8	Tuerca de vástago	AISI 316 ó Acero al Carbono zincado
9	Manija	AISI 316 ó SAE 1010 zincado
10	Arandela de seguridad	AISI 316 ó Acero al carbono cadmiado.
11	Tuerca de vástago	AISI 316 ó Acero al carbono zincado
12	Bujón	AISI 316 ó Acero al carbono zincado
13	Tuerca	AISI 316 ó Acero al carbono zincado
14	Chapa fotoquímica	AISI 430
15	Grip	Vinyl Plastisol

MEDIDA		DIMENSIONES (mm)						Peso (kg)	Torque Maximo (Kg. m)	CV		
Paso Normal	Paso Total	A	B	C	D	E	F			Paso Normal	Paso Total	
1/4"	3/8"	1/4"	56	120	28	57	22	8	0.45	0.2	3	3
1/2"	3/8"	3/8"	83	120	31	81	24	11	0.57	0.2	7	8
3/4"	1/2"	1/2"	88	120	34	83	26	14	0.70	0.4	12	20
1"	3/4"	3/4"	86	157	43	91	31	21	1.27	1.5	32	42
1 1/4"	1"	1"	99	157	49	95	37	25	1.77	2.6	57	66
1 1/2"	1 1/4"	1 1/4"	108	180	54	109	41	31	2.50	3.5	82	105
2"	1 1/2"	1 1/2"	124	180	62	115	48	38	3.5	4.5	120	179
2 1/2"	2"	2"	152	245	76	132	57	51	6.9	10.8	197	240

CONDICIONES DE TRABAJO

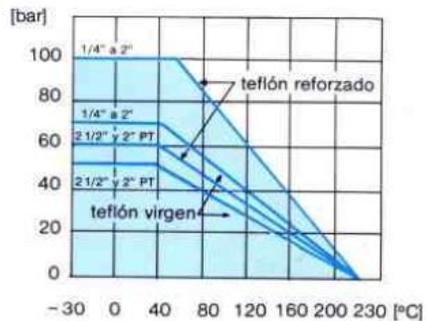


Tabla.1-7. Válvula de bola tres cuerpos por 1/4 vuelta⁵³

1.3.9.3. Tomas de pared

Las estaciones de salida o tomas para gases medicinales que se instalen, son para servicio de oxígeno, aire, vacío, óxido nitroso o nitrógeno o dióxido de carbono y evacuación de gases anestésicos, su instalación será empotrada en pared.

Pueden ser de tipo roscado o de acople rápido pero específicas para cada gas.

Deben tener una válvula primaria y una secundaria. La secundaria actúa cerrándose automáticamente cuando la primaria ha sido extraída para propósitos de mantenimiento.

Estás cumplirán todas las normas aplicables de la NFPA (*Nacional FIRE Protección Association*) figura (1-31, 1-32), C.G.A. (*Compressed Gas Association*) y certificadas por el U.L. (*Underwriters Laboratories, Inc.*) de los EE.UU u otros

⁵³ <http://www.bombasborja.com/fig-62.html>

organismos normativos aceptados internacionalmente. El conjunto será de tipo modular y diseñado de tal manera que podrá ser instalado adoptando cualquier combinación o secuencia.

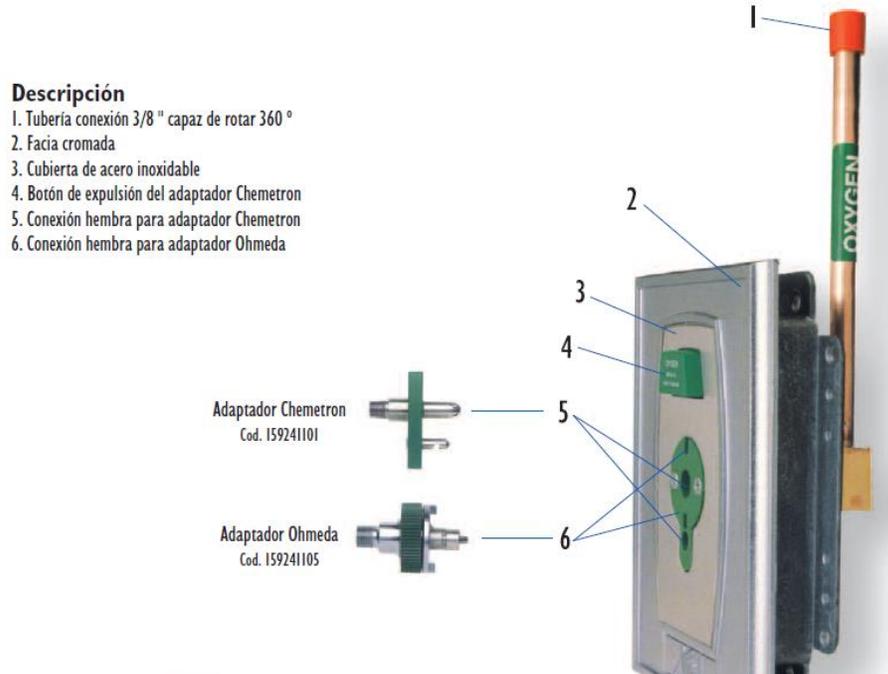


Fig.1-31. Toma de pared Chemetron⁵⁴

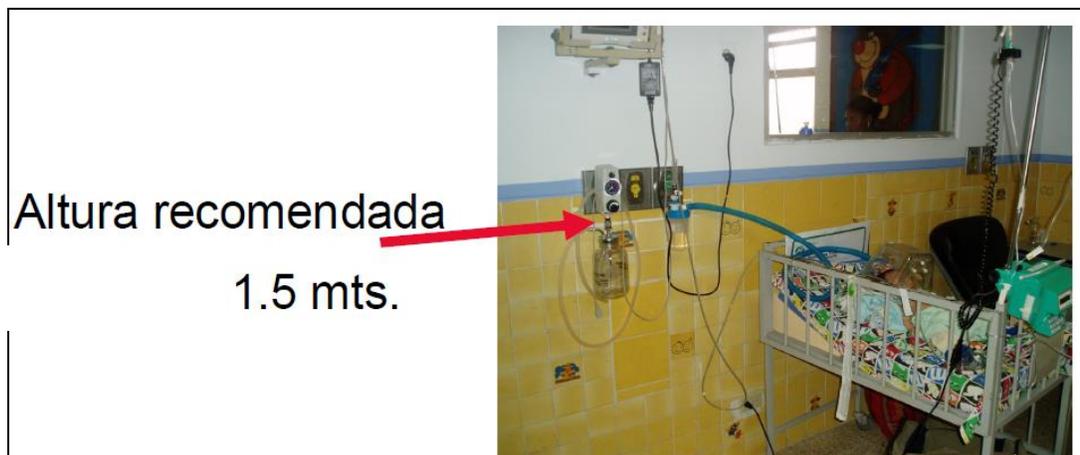


Fig.1-32. Altura recomendada para toma de gases en hospital⁵⁵

⁵⁴ Anexo 3 “Datos técnicos tomas de pared Chemetron”.

1.3.9.4. Vacuómetros

Instrumento medidor de presión para valores inferiores a la presión atmosférica. Se trata, pues, de un manómetro adecuado para medidas negativas de presiones relativas figura (1-33).



Fig.1-33. Vacuómetros⁵⁶

Se caracteriza por la capacidad de medición que normalmente viene dado en un rango de 0 a 30 in Hg o en psi respectivamente tabla (1-8), el tamaño de su caratula es la responsable de la apreciación en su trabajo, de igual manera se lo puede rellenar con silicona industrial líquida específica para este instrumento lo que va a evitar que las vibraciones dañen el mismo y que su apreciación sea más fácil. Las tomas roscadas que irán acopladas al equipo a medirse son variables acordes al tamaño del instrumento.

Vacuómetros FESTO
Hoja de datos

Dimensiones

Tipo	D1 Ø	D2	L1	L2	L3
VAM-40	39 ±0,5	R3/8	46 ±1	26 ±0,5	12
VAM-63-V1/0	62 ±0,5	R3/4	50 ±1	29 ±0,5	13
VAM-63-V1/9	62 ±0,5	R3/4	47,5 ±1	26,5 ±0,5	13

Referencias		Escala			Nº art.	Tipo
Tamaño nominal del manómetro	Conexión neumática	[bar]	[inHg]	[psi]		
40	R3/8	-1 ... 0	-30 ... 0	-	537 810	VAM-40-V1/0-R3/8-EN
63	R3/4	-1 ... 0	-30 ... 0	-	537 811	VAM-63-V1/0-R3/4-EN
		-1 ... 9	-30 ... 0	0 ... +130	537 814	VAM-63-V1/9-R3/4-EN

Tabla. 1-8. Hoja de datos vacuómetros⁵⁷

⁵⁵ Fuente Propia, recomendada por AGA.

⁵⁶ <http://www.directindustry.es/prod/airbest-pneumatics-co-ltd/vacuometros-71536-749607.html>

1.3.9.5. Sistemas de alarmas

Es importante que en el sistema de alarmas deba incluir lo siguiente:

- Indicadores visuales para cada condición monitoreada.
- Indicadores visuales que permanecen en alarma hasta que la situación que la causó haya sido solventada.
- Una señal de alarma audible, que se puede cancelar con un nivel mínimo de 80 dBA hasta una distancia de 0.92 mts.
- Etiquetado de cada condición monitoreada figura (1-34).
- Reiniciado de la señal de alarma audible cuando una ya se encuentra activada pero con su señal de alarma cancelada.
- Debe estar conectada al sistema eléctrico de emergencia del Hospital.



Fig.1-34. Alarma para diferentes gases

MASTER.- Debe proveerse para monitorear la fuente de suministro, así como las reservas respectivas, incluyendo el funcionamiento de la fuente de vacío y la presión de línea principal a la salida de las fuentes de suministro.

Deben incluir las siguientes señales:

- Cambio de banco de principal a reserva, sea que el de reserva actúe como emergencia o se alterne como banco principal.

⁵⁷ <http://www.logismarket.com.mx/ip/festo-vacuometro-ficha-tecnica-380649.pdf>

- Incremento de la presión principal de línea en 20% o caída de presión en el 20% o más.
- Caída de la presión de vacío a 12 in Hg (0.4 bar) o menos.

AREA.- Deben proveerse para monitorear presión de línea y nivel de vacío en cuartos de anestesia, sitios de soporte de vida, y áreas críticas como; recuperación, terapia intensiva, emergencia, neonatología, quemados, cardiología, etc.

Deben instalarse preferiblemente en la estación de enfermería, u otro sitio donde tengan vigilancia continua.

1.3.10. Equipos

1.3.10.1. Reguladores de succión

Es un regulador de succión el cual tiene un diámetro de 2 ½” de caratula en cuyo interior se encuentra una escala graduada de fácil lectura de la medida de vacío, tanto en pulgadas como mm Hg. Su rango de utilización puede ser de 0-300 mm Hg o 0-760 mm Hg dependiendo de la necesidad y el área de ubicación, tiene su regulación para ser usado de forma continua, apagado o a toda su capacidad para casos de emergencia. (Anexo 03)

De gran precisión y fácil de regular, es además insensible a las contra presiones de salida. Es linealmente muy estable y sencillo de operar, se utiliza únicamente en posición vertical.

Está destinado al uso en canalizaciones hospitalarias y de laboratorio. Para obtener una cantidad regulada de un gas o de vacío dependiendo de la necesidad y de igual manera según esta se dará su configuración de uso, figura (1-35).

Características

Tomas de Presión	Acople Rápido
Presión de Alimentación	A 200 mm/ Hg
Escala de Lectura	0 a 15 lts/min
Caudal Máximo	60 lts/min
Dimensiones	1600 x 80 x 100
Peso	400 gr



Fig.1-35. Regulador de succión.

1.3.10.2. Canastilla para succión



Fig. 1-36. Frasco de 2lt para vacío.

Características: Aspirador médico succión fuerte. Consta de inyector de succión, frasco de vidrio o policarbonato de 2 lt figura (1-36) graduado, tapa de hule con pivotes de acero inoxidable, dispositivo contra derrames, canastilla, soporte y juego de mangueras.

El inyector no incluye conector para toma; con entrada de 1/8" NPT.

Aplicaciones: Aspirador para quirófano, presión positiva, para aseo bronquial a neonatos y adultos, para evacuación de sangre y líquidos, en áreas operatorias. Valor de succión máxima 600 mm Hg.

Nota: En lo que se refiere a la sección de terapia intensiva del hospital Carlos Andrade Marín y según la información proporcionada por el personal, estos son los únicos equipos que van conectados al sistema de vacío.

CAPÍTULO II

RED ACTUAL DE VACÍO DEL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN

Introducción

Una de las cualidades importantes del vacío es que tiene muchos fines para el cual puede ser usado y muy específicamente en este proyecto direccionado a una producción de uso medicinal.

Este capítulo se enfoca en dar a conocer los elementos que están involucrados en la situación actual del sistema, de sus características técnicas, de las capacidades en funcionamiento, de sus cambios de dirección y de la indicación exacta de su posición actual.

Se observan valores establecidos en presión y funcionamiento de las bombas, los cuales serán comprobados con la utilización de las ecuaciones expuestas en el capítulo anterior para los respectivos cálculos y entender que sucede actualmente con el sistema, en conjunto con la indicación de la forma adecuada de obtener los valores requeridos para un proyecto de este tipo.

2.1. Organigrama de Planteamiento figura (2-37)

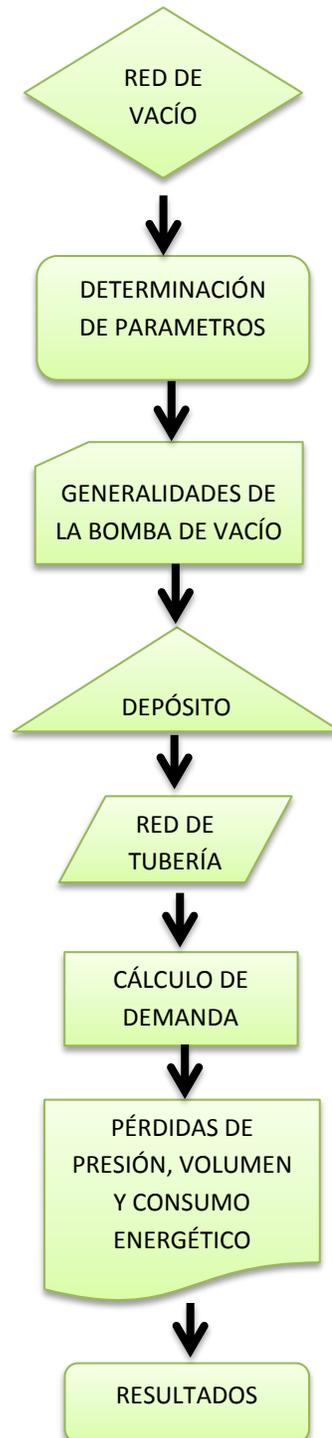


Fig.2-37. Desarrollo del capítulo⁵⁸

⁵⁸ Fuente Propia

2.2. Sistema de vacío de Terapia Intensiva

2.2.1. Determinación de parámetros

Lo primero en el sistema, es conocer qué tipo de flujo está circulando internamente en la tubería, para lo cual se aplica la ecuación 1.8 que expresa el número de Reynolds y este dará como resultado en que régimen de flujo se encuentra trabajando.

Por lo tanto lo primero a verificar en el sistema existente, es si cumple esta primera condición, explicada en el primer capítulo.⁵⁹

Se conoce el diámetro de la tubería que está instalada actualmente, al igual que las presiones en diferentes puntos del sistema y el caudal es generado por las bombas; con estos datos podemos calcular la velocidad promedio que esta circulado en las diferentes secciones de tubería.

Para la obtención de la velocidad del aire en succión se toma como referencia la ecuación 1.1 y 1.2, que indica que la velocidad debe ser a un Mach inferior o igual 0.3.

Para lo cual los valores del aire en estos respectivos parámetros son los siguientes (Anexo Tabla 08):

$$R = 0.294 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{k} \text{ (Tabla 07)}$$

$$K = 1.394 \text{ (Tabla 07)}$$

$$T = 294.15 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$c = \sqrt{kRT}$$

$$C = 109.42 \text{ m/s}$$

⁵⁹ Capítulo 1, Subtema 1.2.4.2

Tomando como valor de Mach a 0.3 se tiene la velocidad del flujo:

$$V = M.c$$

$$V = 32.82 \text{ m/s}$$

Lo que confirma una velocidad aproximada que debe ser menor a 100 m/s y que no debe ser superior para este tipo de aplicaciones.

2.2.2. Generalidades de las bombas de vacío

El sistema comienza en el cuarto de bombas que se encuentra fuera del área principal de hospitalización tal como lo indica la norma NFPA 99, en una habitación de 3.75m x 2.80m x 2.70m, donde está instalado un sistema centralizado de vacío de la marca AMICO conocido como: “ROTARY VANE - LUBRICATED DUPLEX STACK MOUNTED VACUUM SYSTEM (5.1 HP - 10.0 HP)”, el cual tiene un panel de control indicado en la fig. (2-38), que esta interconectado con las alarmas de demanda y de igual manera a las bombas que se accionan de acuerdo a las necesidades requeridas en el área, totalmente automatizados. (Anexo 04)



Fig.2-38. Pantalla indicando funcionamiento y nivel de vacío.⁶⁰

Las bombas se encuentran instaladas de forma vertical sobre el armazón de la estructura, en los datos técnicos referente a la central de vacío de AMICO se tiene como detalle que las bombas utilizadas en dicho sistema son dos bombas de marca Busch tal como se puede ver su etiqueta en la fig. (2-39), con una capacidad de flujo de 300 m³/h y un vacío máximo de hasta 745 mm de Hg, que son conocidas de igual manera como bombas rotativas de paletas con inmersión en aceite. (Anexo 05)

⁶⁰ Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de Bombas.



Fig.2-39. Placa de bomba BUSCH.⁶¹

2.2.3. Depósito

Posee un depósito de almacenamiento de 800 lts para un continuo flujo de vacío como lo muestra la fig. (2-40), con un drenaje controlado manualmente, al igual que posee una entrada y una descarga de succión cuyos diámetros son de 2". El depósito debe ser hecho de materiales ferrosos y / o no ferrosos, ser capaz de soportar una presión de 29,9 in Hg.

En el depósito también incluye:

- Válvulas de drenaje manual, Ø 1" WAG 150
- Fuente válvula de cierre, Ø 2" WAG 150
- Equipado con un medio para aislar el receptor para permitir la reparación y el mantenimiento.

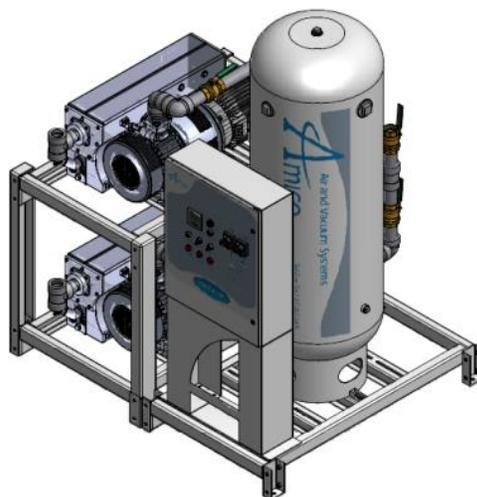


Fig.2-40. Sistema centralizado de vacío AMICO.⁶²

⁶¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.

⁶² www.amico.com/product/centralsystemvacuum.

2.2.4. Red de tubería tabla (2-9, 2-10)

Red de Tubería Sección Sur				
Sección	Diámetro	Observaciones	Plano	Anexo 06
S.01	2"	* Conexiones de las entradas de succión de las bombas de vacío y deposito son de Ø2".	10.110482.01.01 y 10.110482.03.01	Foto 01
		* Tubería tipo "L", conexiones con juntas expansibles para evitar vibraciones, "By pass" para independencia de funcionamiento de bombas.		Foto 02
		* Anclajes a pared tipo abrazadera agarradora con perno, anclajes aéreos con abrazaderas ajustables con material aislante		Foto 03
		* Bifurcación del sistema en sección sur y norte, control con válvulas de Ø2" WAG 300, tres cuerpos, ASTM 105 zincado.		Foto 04
S.02	2 1/2"	* Tubería de Ø2" cobre tipo "L" direccionada a sección sur; intersección en forma de Z, cambio bresco de diámetro de 2 - 2 1/2"	10.110482.03.01	Foto 04
		* Elevación de 4 m para ingreso a sala de terapia manteniendo Ø2 1/2"		Foto 05
S.03	1 1/2"	* Reducción de diámetro de línea principal de 2 1/2" - 1 1/2"	10.110482.03.01	Foto 06
		* Derivaciones en diámetros más pequeños a cuartos de aislamiento y camas generales		Foto 07
S.04/ S.04A/ S.18/ S.22	1"	* Líneas secundarias reducidas a Ø1", conexión a cajas de corte con tuberías de cobre tipo "K", vacuómetro incorporado e indicación de gas respectivo.	10.110482.03.01	Foto 08
		* Conexión incorporada a sistema de alarmas con indicación LED de variación de presión del gas.		Foto 09
S.05	1 1/2"	* Línea secundaria para camas generales, ampliación de diámetro de 1" - 1 1/2", longitud aproximada 32 m, construcción no rígida con junta flexible y válvula de seccionamiento de 1 1/2".	10.110482.03.01	Foto 10 Foto 11
S.06 - S.16/ S.17 - S.21/ S.24 - S.26	1/2"	* Tubería de cobre de 1/2" dirigida desde línea secundaria hacia tomas ubicadas en tableros de camillas hospitalarias.	10.110482.03.01	Foto 12 Foto 13 Foto 14 Foto 15 Foto 16
		* Soportería aérea empotrada a la loza a una distancia de 2.20m c/u.		
		* 3 tomas de vacío por cama a una altura de 1.5 m y una auxiliar.		
		* Tomas de pared de marca CHEMETRON y AMICO, conexiones estándar.		
		* Conexión de regulador de succión, capacidad de regulación de 300 mm Hg (12 in Hg) y flujo máximo de 60 l/min.		
* Canastillas de recolección de fluidos, material desechable de policarbonato o plástico esterilizado, capacidad hasta de 2.5 lts, con				

Tabla 2-9. Cuadro levantamiento de tubería sección sur UTI HCAM⁶³

⁶³ Fuente propia

Red de Tubería Sección Norte				
Sección	Diámetro	Observaciones	Plano	Anexo 06
NORTE	NA	* Conexiones de las entradas de succión de las bombas de vacío y deposito son de Ø2".	10.110482.01.01 y 10.110482.03.02	Foto 18 Foto 19
		* Tuberial tipo "L", conexiones con juntas expansibles para evitar vibraciones, "By pass" para independencia de funcionamiento de bombas.		
		* Anclajes a pared tipo abrazadera agarradora con perno, anclajes aereos con abrazaderas ajustables con material aislante		
		* Bifurcacion del sistema en seccion sur y norte, control con valvulas de Ø2" WAG 300, tres cuerpos, ASTM 105 zincado.		
		* Trazado de tuberia expresado en plano correspondiente, junto con indicacion de valvulas de seccion, cajas de corte , ampliciones y		
		* Observacion de mejor distribucion de diametro de tuberia		

Tabla 2-10. Cuadro levantamiento de tubería sección norte UTI HCAM⁶⁴

2.2.5. Cálculo de la demanda

El consumo esperado se lo obtiene a partir de la multiplicación de la capacidad teórica con el factor de utilización, donde se puede evidenciar que es un consumo bastante alto para terapia intensiva de la zona de adultos para los hospitales en general y su factor de uso es considerablemente elevado ya que se considera una zona de mucho cuidado donde los gases medicinales deben presentarse de forma constante. Una consideración importante que se debe tomar en cuenta para una instalación de vacío hospitalaria es que en la toma más alejada debe existir una presión mínima de 15 in Hg y a la entrada del tanque no deberá existir menos de 21in Hg de presión.

Tomando en cuenta la tabla (1-5) del primer capítulo y además que el equipo instalado en la toma de pared será un regulador de succión cuya capacidad es de 60 lts/min a su máximo consumo (Anexo 03), se toma este valor y se lo multiplica por

⁶⁴ Fuente propia

el factor de uso, lo que nos da un valor de 42 lts/min para cada toma de la sección. Aunque no se debe olvidar que hay una toma de emergencia y este tiene solo la mitad de factor de uso $f = 0.4$, por lo que en la tabla (2-11) se indica que su consumo disminuye al momento de hacer un análisis en el área de terapia intensiva.

Sección Hospitalaria	Zona	# Camas	# Tomas	# Tomas de uso Cte.	Factor Uso	# Tomas de uso Aux.	Factor Uso (Aux)	Consumo (LPM)	Consumo Teórico (LPM)	Consumo Real (LPM)	Consumo Estadístico Real (LPM)
Sección Sur	Aislamiento	6	18	12	0.8	6	0.4	60	1080	720	360
	Cuidados Generales	11	33	22	0.7	11	0.4	60	1980	1188	660
Sección Norte	Aislamiento	9	27	18	0.8	9	0.4	60	1620	1080	540
	Cuidados Generales	12	36	24	0.7	12	0.4	60	2160	1296	720
								TOTAL	6840	4284	2280

Tabla 2-11. Cálculo de la demanda requerida en UTI.⁶⁵

Se tiene como resultado una demanda de 4300 l/min o 151.85 scfm, que es la demanda real en el hospital, tal como se está manejando, pero tomando en consideración la tabla (2-10) con dirección a los consumos estadísticos reales tomados en el hospital y con respecto a las referencias bibliográficas investigadas se determina que el consumo, como máximo para el área de terapia intensiva en su total de camas es de 2280 l/min o 80.51 scfm.

La curva de la bomba no se encuentra en disposición de los usuarios, el hospital no dispone de la información y la que posee la casa comercial no da las especificaciones claras necesarias para la interpretación y su manejo, por lo tanto se tomó como base las curvas de las bombas de vacío BECKER, específicamente el modelo U4.250SA para las capacidades aproximadas, sabiendo que su comportamiento será muy similar, indicada en la fig. (2-41)

⁶⁵ Fuente propia

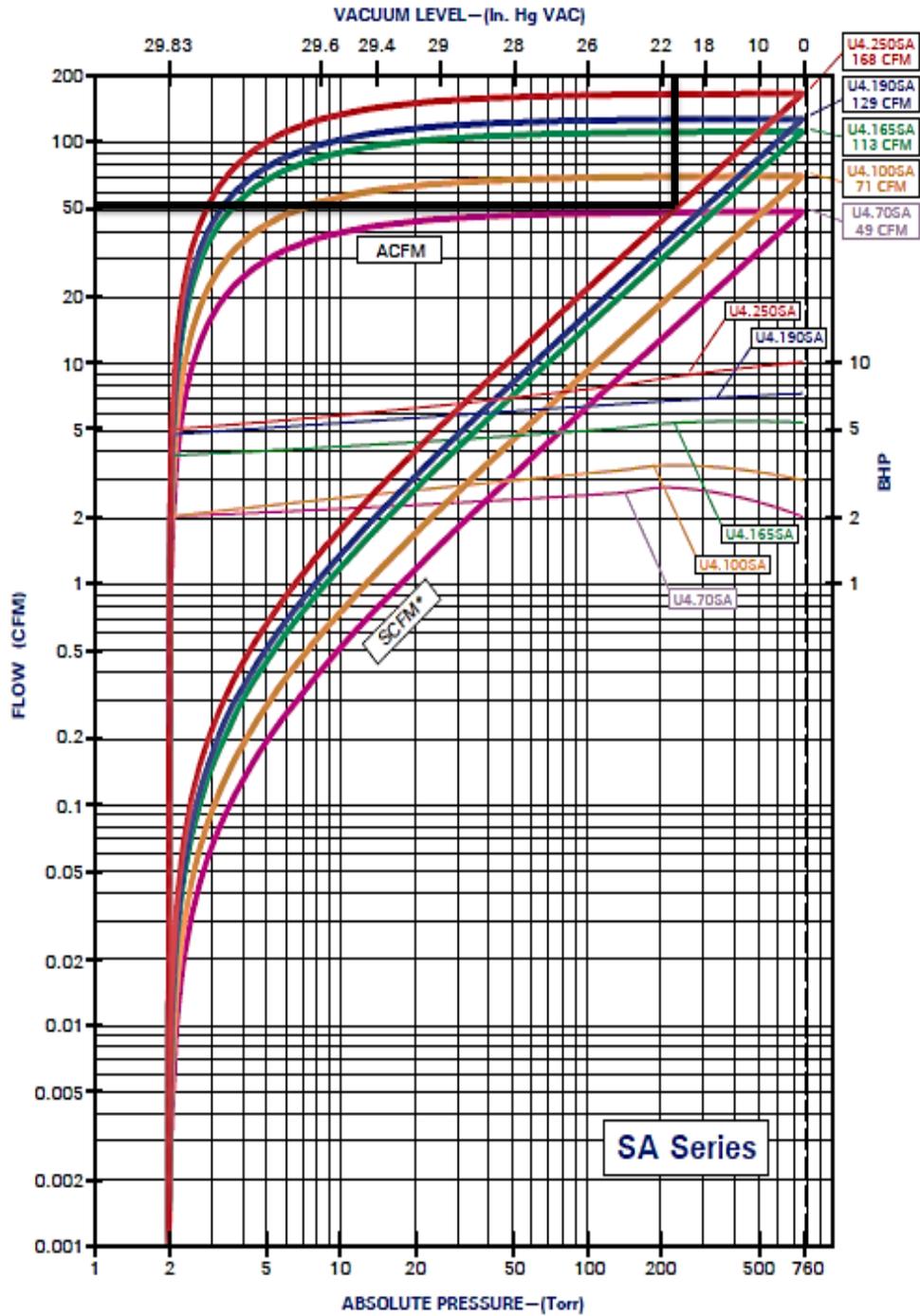


Fig.2-41. Curva de bombas de vacío⁶⁶

Según la curva de funcionamiento de la bomba, si la bomba intenta consumir toda la capacidad de la misma la caída de presión se vuelve insostenible, por lo que

⁶⁶ www.beckerpumps.com/U4_250_SA_DATA.SHEET.pdf

manejando las curvas se tiene que a una presión de vacío de 21 in Hg se tiene 54 scfm que sería un consumo de 1530 l/min y esto dividiendo para las 114 tomas existente en el sistema nos da un consumo promedio por toma de 13.42 l/min lo que por cama significa un consumo de 40.26 l/min.

Lo que indica un faltante de 26.51 scfm, siendo un 32.55 % de pérdida en el equipo actual para cubrir la demanda estadística máxima.

2.2.6. Pérdidas de presión por fricción en tuberías

Se debe tomar en cuenta las presiones en los puntos medibles del sistema:

- En el regulador se succión : 15"-14" Hg (0.507 bar)
- En las cajas de corte : 19" Hg (0.635 bar)
- En la entrada de las bombas de vacío : 21" Hg (0.701 bar)

El dato para verificar la velocidad de circulación del fluido en las diferentes secciones de tubería, es la capacidad de flujo requerida por el regulador de succión, que en este caso es de 60 lts/min o 3.6 m³/h en su forma de conexión continua, con un factor de uso promedio de 0.6.

La pérdida de presión permisible se calcula tomando la presión de salida del equipo que en este caso es 21 in Hg y restando la presión mínima que deberá tener la toma más alejada, que en este sistema es de 15 in Hg, dejando como rango una pérdida de presión de 6 in Hg, en el caso más extremos de perdidas aceptables.

El sistema en todo su conjunto se divide por secciones tal como se puede apreciar en los planos 10.110482.03.01 y 10.110482.03.02, en estos se puede ver que no se tiene una sola medida constante de tubería, por lo que la velocidad variara acorde a la cantidad de flujo que circule por una determinada sección.

Debido a que un hospital la demanda no es constante, no se puede dar un valor exacto de frecuencia de uso para las diferentes tomas; además el hospital siempre

tendrá un margen de aceptación de pacientes para un uso de sus equipos en óptimas condiciones.

Considerando este punto muy importante se procedió a realizar un dato estadístico en toda el área de terapia intensiva para averiguar cuál es el consumo aproximado por cama expresado en la tabla (2-12), dando estos resultados:

Consumo Estadístico Real				
Días	# Camas en Uso	Consumo aprox. por cama (l/min)	Consumo por día (l/min)	# Tomas en uso por cama
Lunes	21	60	1260	1
Martes	24	60	1440	1
Miércoles	26	60	1560	1
Jueves	21	60	1260	1
Viernes	19	60	1140	1
Sábado	26	60	1560	1
Domingo	28	60	1680	1

Tabla 2-12. Cuadro consumos semanales por cama en UTI HCAM⁶⁷

Para calcular las pérdidas reales en el sistema se debe poner en consideración un panorama real de frecuencia de uso del equipo y el cuadro demuestra que la utilización de la segunda toma de vacío junto con la auxiliar son casi nulas, por este motivo a cada cama se le asignara el uso de una toma a su máxima capacidad para los cálculos pertinentes, siendo este flujo de 60 l/min el cual es la capacidad del regulador y además recomendado por ciertos autores, Tabla. (2-13).

Fuente Investigada	Consumo por cama (l/min)
Eduardo Lázaro	60
NFPA 99	84.95
Facility Piping	21.23

Tabla 2-13. Fuentes de investigación⁶⁸

⁶⁷ Fuente propia

⁶⁸ Fuente propia

Las tablas (2-14 y 2-15), muestran las velocidades promedio obtenidas basándose en la capacidad necesaria de cada tubería según la toma que le afectan directamente a la misma tal como lo muestran las secciones en los planos 10.110482.03.01 y 10.110482.03.02.

Sección Sur									
	# Tomas	Consumo (m3/h)	Factor de Uso	Consumo Real (m3/h)	Ø Nominal	Diámetro (mm)	Área de Sección Tubería (m2)	Sección de Aplicación	Velocidad Promedio (m/s)
Por cama	3	3.6	0.6	2.16	1/2"	13.843	0.000150505	VER PLANO	3.9866
3 Camas Aslmi. a Tub. Ø 3/4"	9	10.8	0.6	6.48	3/4"	19.93	0.000311965	S19/S23	5.7699
3 Camas Aslmi. a Tub. Ø 1"	9	10.8	0.6	6.48	1"	26.035	0.000532361	S18/S22	3.3812
11 Camas Gnrl. A Tub. Ø 1 1/2" Pasillo	33	39.6	0.6	23.76	1 1/2"	38.22	0.001147288	S05	5.7527
11 Camas Gnrl. A Tub. Ø 1 Cajas Corte	33	39.6	0.6	23.76	1"	26.035	0.000532361	S04/O4A	12.3976
6 Camas Aslmi. a Tub. Ø 1 1/2" Pasillo	18	21.6	0.6	12.96	1 1/2"	38.22	0.001147288	S03	3.1378
18 Camas a Tubería Descarga a Bomba	51	61.2	0.6	36.72	2 1/2"	62.61	0.003078778	S02	3.3130
18 Camas a Tubería Descarga a Bomba	51	61.2	0.6	36.72	2"	50.41	0.001995833	S01	5.1106

Tabla 2-14. Cuadro velocidades según tubería Sección Sur UTI HCAM⁶⁹

⁶⁹ Fuente propia

Sección Norte									
	# Tomas	Consumo (m3/h)	Factor de Uso	Consumo Real (m3/h)	Ø Nominal	Diámetro (mm)	Área de Sección Tubería (m2)	Sección de Aplicación	Velocidad Promedio (m/s)
Por cama	3	3.6	0.6	2.16	1/2"	13.843	0.000150505	VER PLANO	3.9866
3 Camas As/Imi. a Tub. Ø 3/4"	9	10.8	0.6	6.48	3/4"	19.93	0.000311965	N23	5.7699
2 Camas As/Imi. a Tub. Ø 3/4"	6	7.2	0.6	4.32	3/4"	19.93	0.000311965	N19/N25/N28	3.8466
3 Camas As/Imi. a Tub. Ø 1"	9	10.8	0.6	6.48	1"	26.035	0.000532361	N21	3.3812
2 Camas As/Imi. a Tub. Ø 1"	6	7.2	0.6	4.32	1"	26.035	0.000532361	N04/N20/N24	2.2541
12 Camas Gral.. A Tub. Ø 1" Pasillo	36	43.2	0.6	25.92	1"	26.035	0.000532361	N05	13.5247
21 Camas a Tubería Descarga a Bomba	63	75.6	0.6	45.36	2"	50.41	0.001995833	N01/N02/N03	6.3132

Tabla 2-15. Cuadro velocidades según tubería Sección Norte UTI HCAM⁷⁰

⁷⁰ Fuente propia

Ahora el número de Reynolds, obtenido para la sala norte y sur con la ecuación 1.8, indicado en las tablas (2-16 y 2-17):

Cálculo de Número de Reynolds Sección Sur					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (m)	Viscosidad Cinemática	Velocidad Promedio (m/s)	Sección de Aplicación	Número de Reynolds
1/2"	0.013843	0.0000151	3.987	VER PLANO	3654.712236
3/4"	0.01993	0.0000151	5.770	S19/S23	7615.481408
1"	0.026035	0.0000151	3.381	S18/S22	5829.711713
1"	0.026035	0.0000151	12.398	S04/S04A	21375.60962
1 1/2"	0.03822	0.0000151	5.753	S05	14560.80576
1 1/2"	0.03822	0.0000151	3.138	S03	7942.25769
2"	0.05041	0.0000151	5.111	S01	17061.43791
2 1/2"	0.06261	0.0000151	3.313	S02	13736.89643

Tabla 2-16. N. Reynolds según tubería Sección Sur UTI HCAM⁷¹

Cálculo de Número de Reynolds Sección Norte					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (m)	Viscosidad Cinemática	Velocidad Promedio (m/s)	Sección de Aplicación	Número de Reynolds
1/2"	0.013843	0.0000151	3.987	VER PLANO	3654.712236
3/4"	0.01993	0.0000151	5.770	N23	7615.481408
3/4"	0.01993	0.0000151	3.847	N19/N25/N28	5076.987605
1"	0.026035	0.0000151	3.381	N21	5829.711713
1"	0.026035	0.0000151	2.254	N04/N20/N24	3886.474475
1"	0.026035	0.0000151	13.525	N05	23318.84685
2"	0.05041	0.0000151	6.313	N01/N02/N03	21075.89389

Tabla 2-17. N. Reynolds según tubería Sección Norte UTI HCAM⁷²

Se observa que el número de Reynolds sobre pasa el valor para considerarse laminar por lo que se demuestra que en todas las tuberías tienen sus flujos a diferentes velocidades pero la característica de ser **turbulento** se mantiene.

Con esa consideración en relación a la velocidad promedio general, el siguiente paso será el cálculo de factor de Darcy correspondiente a la fricción con la ecuación de Haaland, para la obtención de las pérdidas mayores en los tramos de tuberías, con la

⁷¹ Fuente propia

⁷² Fuente propia

ecuación de flujo turbulento expresado en la Tabla (1-2) de regímenes de flujo y considerando la rugosidad para una tubería de cobre expresado en la Tabla (1-1), dando los resultados expresados en las Tablas (2-18 y 2-19).

Cálculo de Factor Darcy Sección Sur					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (mm)	Rugosidad (ϵ) (mm)	N. Reynolds	Secc. Aplicación	f
1/2"	13.843	0.0015	3654.712236	VER PLANO	0.041667178
3/4"	19.93	0.0015	7615.481408	S19/S23	0.033406904
1"	26.035	0.0015	5829.711713	S18/S22	0.036076878
1"	26.035	0.0015	21375.60962	S04/S04A	0.025424304
1 1/2"	38.22	0.0015	14560.80576	S05	0.027980183
1 1/2"	38.22	0.0015	7942.25769	S03	0.032974576
2"	50.41	0.0015	17061.43791	S01	0.026848921
2 1/2"	62.61	0.0015	13736.89643	S02	0.028387392

Tabla 2-18. Factor de fricción según tubería Sección Sur UTI HCAM⁷³

Cálculo de Factor Darcy Sección Norte					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (mm)	Rugosidad (ϵ) (mm)	N. Reynolds	Secc. Aplicación	f
1/2"	13.843	0.0015	3654.712236	VER PLANO	0.041667178
3/4"	19.93	0.0015	7615.481408	N23	0.033406904
3/4"	19.93	0.0015	5076.987605	N19/N25/N28	0.037613211
1"	26.035	0.0015	5829.711713	N21	0.036076878
1"	26.035	0.0015	3886.474475	N04/N20/N24	0.040828508
1"	26.035	0.0015	23318.84685	N05	0.024890411
2"	50.41	0.0015	21075.89389	N01/N02/N03	0.025461568

Tabla 2-19. Factor de fricción según tubería Sección Norte UTI HCAM⁷⁴

Una de las consideraciones más importantes, es que no se debe usar una tubería menor a 1/2" para las tomas, ya que este puede crear caídas de presiones considerables y el flujo requerido no puede ser suficiente. Aparte una red secundaria puede tener un rango entre 1/2" y 1", mientras que la principal no debería exceder 2".⁷⁵

⁷³ Fuente propia

⁷⁴ Fuente propia

⁷⁵ FRANKEL Michael, "Facility piping systems handbook", McGraw Hill, 2da. edición, p. 15.30

Para la comprobación de la pérdida que se generan en el sistema se utilizara la fórmula de Darcy y Weissback, que se expresó anteriormente en la ecuación 1.7.

Aplicando una hoja de Excel, con los datos obtenidos anteriormente y las secciones mostrados en los planos 10.110482.03.01 y 10.110482.03.02, se procederá al cálculo de la perdidas que se tiene en la tubería del sistema tanto en el ala sur como la norte, para al final encontrar la caída de presión que se produce en las mismas así como también el consumo generado en la red de tuberías, expresado en las Tablas (2-20 y 2-21).

Perdidas Mayores Sección Sur Terapia Intensiva						
Sección	Longitud (m)	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Factor Fricción	Longitud Corregida (+20%)	Perdidas HL (m)
S.1 *	8.46	0.05041	2"	0.026848921	10.152	7.205389009
S.2 **	64.47	0.06261	2 1/2"	0.028387392	77.364	19.64302482
S.3	28.52	0.03822	1 1/2"	0.032974576	34.224	14.83281925
S.4 *	5.76	0.026035	1"	0.025424304	6.912	52.93158461
S.4A *	5.91	0.026035	1"	0.025424304	7.092	54.31001129
S.5	31.5	0.03822	1 1/2"	0.027980183	37.8	46.72388451
S.6	8.24	0.013843	1/2"	0.041667178	9.888	24.13326552
S.7	9.11	0.013843	1/2"	0.041667178	10.932	26.68131661
S.8	6.08	0.013843	1/2"	0.041667178	7.296	17.8070697
S.9	8.99	0.013843	1/2"	0.041667178	10.788	26.32986129
S.10	8.05	0.013843	1/2"	0.041667178	9.66	23.57679459
S.11	6.96	0.013843	1/2"	0.041667178	8.352	20.38440874
S.12	6.53	0.013843	1/2"	0.041667178	7.836	19.12502716
S.13	6.97	0.013843	1/2"	0.041667178	8.364	20.41369668
S.14	6.96	0.013843	1/2"	0.041667178	8.352	20.38440874
S.15	6.53	0.013843	1/2"	0.041667178	7.836	19.12502716
S.16	6.97	0.013843	1/2"	0.041667178	8.364	20.41369668
S.17	5.8	0.013843	1/2"	0.041667178	6.96	16.98700728
S.18 *	8.84	0.026035	1"	0.036076878	10.608	8.573964806
S.19	14.78	0.01993	3/4"	0.033406904	17.736	50.49664879
S.20	5.8	0.013843	1/2"	0.041667178	6.96	16.98700728
S.21	5.8	0.013843	1/2"	0.041667178	6.96	16.98700728
S.22 *	5.09	0.026035	1"	0.036076878	6.108	4.936819102
S.23	18.02	0.01993	3/4"	0.033406904	21.624	61.56627951
S.24	5.86	0.013843	1/2"	0.041667178	7.032	17.16273494
S.25	5.86	0.013843	1/2"	0.041667178	7.032	17.16273494
S.26	5.69	0.013843	1/2"	0.041667178	6.828	16.6648399
					Total	661.5463302
Nota: En las secciones que tienen tubería de 1/2" se a sumado 2.5 mts mas considerando la altura de conexión hasta las tomas de vacío, ya que eso se encuentra empotrado por la pared y esta medida es tomada como base.						
El 20 % que se le suma a las tuberías sirve como consideración de perdidas de accesorios y cabio de direcciones.						
Las medidas de longitud que tienen el símbolo (*) se las a sumado 2 metros de tubería considerando su altura.						

Tabla 2-20. Pérdidas según tubería Sección Sur UTI HCAM⁷⁶

⁷⁶ Fuente propia

Perdidas Mayores Sección Norte Terapia Intensiva						
Sección	Longitud (m)	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Factor Fricción	Longitud Corregida (+20%)	Perdidas HL (m)
N.1	8.46	0.05041	2"	0.025461568	10.152	10.42693075
N.2 **	25.66	0.05041	2"	0.025461568	30.792	31.62589162
N.3	43.67	0.05041	2"	0.025461568	52.404	53.82317564
N.4 **	8.88	0.026035	1"	0.040828508	10.656	4.332059728
N.5 *	43.08	0.026035	1"	0.024890411	51.696	461.2413367
N.6	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.7	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.8	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.9	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.10	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.11	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.12	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.13	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.14	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.15	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.16	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.17	5.78	0.013843	1/2"	0.041667178	6.936	16.92843139
N.18	8	0.013843	1/2"	0.041667178	9.6	23.43035487
N.19	10.65	0.01993	3/4"	0.037613211	12.78	18.20788082
N.20 *	6.56	0.026035	1"	0.040828508	7.872	3.200260339
N.21 *	8.04	0.026035	1"	0.036076878	9.648	7.79804039
N.22	12	0.013843	1/2"	0.041667178	14.4	35.1455323
N.23	11.56	0.01993	3/4"	0.033406904	13.872	39.49534912
N.24 *	8.04	0.026035	1"	0.040828508	9.648	3.922270294
N.25	9.16	0.01993	3/4"	0.037613211	10.992	15.66048717
N.26	8	0.013843	1/2"	0.041667178	9.6	23.43035487
N.27	8	0.013843	1/2"	0.041667178	9.6	23.43035487
N.28	12.53	0.01993	3/4"	0.037613211	15.036	21.42204194
					Total	979.7334981

Nota: En las secciones que tienen tubería de 1/2" se le sumado 2.5 mts mas considerando la altura de conexión hasta las tomas de vacío, ya que eso se encuentra empotrado por la pared y esta medida es tomada como base.

El 20 % que se le suma a las tuberías sirve como consideración de perdidas de accesorios y cambio de direcciones.

Las medidas de longitud que tienen el símbolo * se las sumado 2 metros de tubería considerando su altura.

Tabla 2-21. Pérdidas según tubería Sección Norte UTI HCAM⁷⁷

⁷⁷ Fuente propia

Con estos resultados se pueden obtener las pérdidas de presiones con la aplicación de la ecuación 1.9, expresado en las Tablas (2-22 y 2-23):

Perdidas de Presión Sección Sur			
Sección	Ø Nominal	Perdidas HL (m)	Perdida de Presión (Pas)
S.1 *	2"	7.20538901	85.4415029
S.2 **	2 1/2"	19.6430248	232.926988
S.3	1 1/2"	14.8328192	175.887571
S.4 *	1"	52.9315846	627.66273
S.4A *	1"	54.3100113	644.008114
S.5	1 1/2"	46.7238845	554.051823
S.6	1/2"	24.1332655	286.172262
S.7	1/2"	26.6813166	316.387052
S.8	1/2"	17.8070697	211.156233
S.9	1/2"	26.3298613	312.219495
S.10	1/2"	23.5767946	279.57363
S.11	1/2"	20.3844087	241.718319
S.12	1/2"	19.1250272	226.784572
S.13	1/2"	20.4136967	242.065615
S.14	1/2"	20.3844087	241.718319
S.15	1/2"	19.1250272	226.784572
S.16	1/2"	20.4136967	242.065615
S.17	1/2"	16.9870073	201.431932
S.18 *	1"	8.57396481	101.670075
S.19	3/4"	50.4966488	598.789261
S.20	1/2"	16.9870073	201.431932
S.21	1/2"	16.9870073	201.431932
S.22 *	1"	4.9368191	58.5408009
S.23	3/4"	61.5662795	730.052942
S.24	1/2"	17.1627349	203.515711
S.25	1/2"	17.1627349	203.515711
S.26	1/2"	16.6648399	197.611672
	Total	661.54633	7844.61638

Tabla 2-22. Pérdidas de Presión según tubería Sección Sur UTI HCAM⁷⁸

⁷⁸ Fuente propia

Perdidas de Presión Sección Norte			
Sección	Ø Nominal	Perdidas HL (m)	Perdida de Presión (Pas)
N.1	2"	10.4269308	123.642545
N.2 **	2"	31.6258916	375.019823
N.3	2"	53.8231756	638.235217
N.4 **	1"	4.33205973	51.3695643
N.5 *	1"	461.241337	5469.39977
N.6	1/2"	16.9284314	200.737339
N.7	1/2"	16.9284314	200.737339
N.8	1/2"	16.9284314	200.737339
N.9	1/2"	16.9284314	200.737339
N.10	1/2"	16.9284314	200.737339
N.11	1/2"	16.9284314	200.737339
N.12	1/2"	16.9284314	200.737339
N.13	1/2"	16.9284314	200.737339
N.14	1/2"	16.9284314	200.737339
N.15	1/2"	16.9284314	200.737339
N.16	1/2"	16.9284314	200.737339
N.17	1/2"	16.9284314	200.737339
N.18	1/2"	23.4303549	277.837148
N.19	3/4"	18.2078808	215.909051
N.20 *	1"	3.20026034	37.9486871
N.21 *	1"	7.79804039	92.4691629
N.22	1/2"	35.1455323	416.755722
N.23	3/4"	39.4953491	468.33585
N.24 *	1"	3.92227029	46.5102811
N.25	3/4"	15.6604872	185.702057
N.26	1/2"	23.4303549	277.837148
N.27	1/2"	23.4303549	277.837148
N.28	3/4"	21.4220419	254.022573
	Total	979.733498	11617.6798

Tabla 2-23. Pérdidas de Presión según tubería Sección Norte UTI HCAM⁷⁹

⁷⁹ Fuente propia

En la sección Sur del Área de Terapia Intensiva da como resultado una pérdida de presión de 7844.61 Pas (1.138 psi) o 2.317 in Hg, mientras que en la sección Norte presenta una pérdida de 11617.68 Pas (1.68 psi) o 3.43 in Hg, Tabla (2-24).

En toda la red se tiene una caída de presión por tuberías de 19462.29 Pas, equivalente a 2.82 Psi o 5.74 in Hg.

Sección	Perdidas Presión (Pas)	Perdidas Presión (psi)	Perdidas Presión (in Hg)
SUR	7844.616	1.138	2.317
NORTE	11617.680	1.685	3.431
TOTAL	19462.296	2.823	5.747

Tabla 2-24. Pérdidas de Presión según sección UTI HCAM⁸⁰

Lo que al sistema de vacío de 21 in Hg que se está utilizando actualmente le representa una pérdida del 27.33% a la capacidad total de succión.

2.2.7. Pérdidas de volumen a evacuar en el sistema

Las Tablas (2-25 y 2-26), el volumen a evacuar que hay en las tuberías actuales del sistema con lo cual se puede calcular el tiempo que demora en fluir todo el aire fuera de la red siendo analizado con la ecuación 1.14:

⁸⁰ Fuente propia

CALCULO DE VOLUMEN EN TUBERIAS (SECCION SUR)					
Sección	f	∅ Int. (m)	∅ Nominal	Longitud +20% (m)	Volume (m ³)
S.1	0.020350302	0.05041	2"	10.152	0.020261701
S.2	0.017728122	0.06261	2 1/2"	77.364	0.238186543
S.3	0.021938294	0.03822	1 1/2"	34.224	0.039264767
S.4	0.017534162	0.026035	1"	6.912	0.003679678
S.4A	0.017534162	0.026035	1"	7.092	0.003775503
S.5	0.018829477	0.03822	1 1/2"	37.8	0.043367468
S.6	0.024467211	0.013843	1/2"	9.888	0.001488195
S.7	0.024467211	0.013843	1/2"	10.932	0.001645322
S.8	0.024467211	0.013843	1/2"	7.296	0.001098086
S.9	0.024467211	0.013843	1/2"	10.788	0.001623649
S.10	0.024467211	0.013843	1/2"	9.66	0.00145388
S.11	0.024467211	0.013843	1/2"	8.352	0.001257019
S.12	0.024467211	0.013843	1/2"	7.836	0.001179358
S.13	0.024467211	0.013843	1/2"	8.364	0.001258825
S.14	0.024467211	0.013843	1/2"	8.352	0.001257019
S.15	0.024467211	0.013843	1/2"	7.836	0.001179358
S.16	0.024467211	0.013843	1/2"	8.364	0.001258825
S.17	0.024467211	0.013843	1/2"	6.96	0.001047516
S.18	0.023071789	0.026035	1"	10.608	0.005647283
S.19	0.020669007	0.01993	3/4"	17.736	0.005533006
S.20	0.024467211	0.013843	1/2"	6.96	0.001047516
S.21	0.024467211	0.013843	1/2"	6.96	0.001047516
S.22	0.023071789	0.026035	1"	6.108	0.00325166
S.23	0.020669007	0.01993	3/4"	21.624	0.006745925
S.24	0.024467211	0.013843	1/2"	7.032	0.001058352
S.25	0.024467211	0.013843	1/2"	7.032	0.001058352
S.26	0.024467211	0.013843	1/2"	6.828	0.001027649
				TOTAL SUR:	0.390699971

Tabla 2-25. Volumen en tuberías Sección Sur UTI HCAM⁸¹

⁸¹ Fuente propia

CALCULO DE VOLUMEN EN TUBERIAS (SECCION NORTE)					
Sección	f	∅ Int. (m)	∅ Nominal	Longitud +20% (m)	Volume (m ³)
N.1	0.017776377	0.05041	2"	10.152	0.020261701
N.2	0.01777638	0.05041	2"	30.792	0.061455703
N.3	0.01777638	0.05041	2"	52.404	0.104589655
N.4	0.0254151	0.026035	1"	10.656	0.005672837
N.5	0.01724839	0.026035	1"	51.696	0.027520923
N.6	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.7	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.8	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.9	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.10	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.11	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.12	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.13	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.14	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.15	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.16	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.17	0.02446721	0.013843	1/2"	6.936	0.001043904
N.18	0.02446721	0.013843	1/2"	9.6	0.001444849
N.19	0.02259931	0.01993	3/4"	12.78	0.003986909
N.20	0.0254151	0.026035	1"	7.872	0.004190744
N.21	0.02307179	0.026035	1"	9.648	0.005136217
N.22	0.02446721	0.013843	1/2"	14.4	0.002167274
N.23	0.02066901	0.01993	3/4"	13.872	0.004327575
N.24	0.0254151	0.026035	1"	9.648	0.005136217
N.25	0.02259931	0.01993	3/4"	10.992	0.003429116
N.26	0.02446721	0.013843	1/2"	9.6	0.001444849
N.27	0.02446721	0.013843	1/2"	9.6	0.001444849
N.28	0.02259931	0.01993	3/4"	15.036	0.004690702
				TOTAL NORTE:	0.269426964

Tabla 2-26. Volumen en tuberías Sección Norte UTI HCAM⁸²

El caudal calculado en la bomba es de 54 cfm (1529 l/min) a 21 in Hg, el volumen a evacuar de todo el sistema es de 660.12 lts. Más el volumen del depósito considerado en 800 lts. Lo que da una evacuación de 1460 lts. Estimando que la evacuación de todo el fluido de la red se lo puede hacer en 57.29 segundos

⁸² Fuente propia

aproximadamente. Dejando a la red sin consumo extra para ser utilizado directamente a las demandas de los reguladores.

2.2.8. Características generales del sistema actual de vacío del HCAM

Detalles generales encontrados en el sistema actual de la red de vacío, expresado en la tabla (2-27):

DATOS SISTEMA DE VACÍO		
Tipo	Dúplex marca AMICO cap. Tanque 800 lts	
Bomba	Potencia	10 hp
	Capacidad	180 cfm / 300 m ³ /h
	Vacío	hasta 15 torr / 26 in Hg
Datos de Línea Succión Instalada		
Filtrado Bacteriológico	No existe en la línea de succión. Instalado directamente entre el regulador y las canastilla de succión	
Seccionamiento por áreas	Sección Sur y Norte con líneas independientes	
Tipo de anclaje	Tipo abrazaderas de aluminio con empotramiento a pared y tipo colgantes	
Válvulas de corte	Existentes para cada sección y en las cajas de corte respectivas	
Alarmas	Tipo Chemetron IMPACT con modulo independiente para cada gas y con una caída de presión permisible para vacío hasta 12 in Hg	
Tomas de Pared	Tipo Chemetron individual para vacío con toma 1/2" tipo cobre	
Regulador de succión	Capacidad de hasta 60 lts/min, Máximo vacío 300 mm Hg, con filtro trampa para líquidos incluido	
Volumen a evacuar en tuberías y deposito	1460 lts	
Caída de presión	Existe una caída de presión total en el sistema que es de 5.74 in Hg que representa una perdida del 27.33%	
Consumo Estadístico calculado para el sistema	2280 lts/min	
Capacidad real de flujo y vacío de la bomba actual	Actualmente la bomba tiene una capacidad de presión 21 in Hg cuyo flujo es de 54 scfm (1530 l/min)	
Demanda Faltante en el sistema	750 l/min - 26.21 scfm - 32.55 % capacidad	

Tabla 2-27. Parámetros del sistema en funcionamiento⁸³

⁸³ Fuente propia

2.2.9. Consumo Energético Actual

Una sola bomba no es capaz de abastecer la demanda estadística del área de terapia intensiva en las condiciones actuales, por lo que en caso de un abastecimiento de este tipo se encienden las dos bombas, dando un consumo de energía aproximado de 18 Hp (13.42 kW) como lo muestra la curva en la fig. (2-42), el encendido promedio de las bombas es de 21 horas/día⁸⁴, el costo de un kW/h trifásico es de 0.067 ctvs. Dando un costo diario de funcionamiento de \$18.88 o mensual considerado a 30 días de \$566.45.

2.2.10. Resultados de la red actual de vacío

- Cuarto de bombas, fuera del área hospitalaria, espacio reducido para mantenimiento de las mismas.
- Cambios bruscos en diámetro de red principal y secundaria en la sección sur.
- Caudal evacuado para estabilización del sistema es de 1460 l/min.
- Distribución más técnica de tubería en sección norte.
- Vida útil de los materiales utilizados dentro del rango de los 20 años, su uso aun es aceptable dentro del sistema.
- Las caídas de presión demuestran que no existe fugas.
- Válvulas de corte para casos de emergencia ubicadas en el área de cuarto de bombas, lejos de la zona hospitalaria.
- Falta de identificación (etiqueta) de la tubería, de que gas está circulando por la misma.
- Encendido de alarmas sonoras, su marcación indica valores de 12 – 14 in Hg.
- Reguladores de vacío, en condiciones óptimas de trabajo: filtros trampa de líquidos.
- Pérdidas totales de presión del sistema son de 5.75 in Hg para tubería, sin consideración de filtros.
- Encendido de dos bombas para abastecimiento de demanda estadística generando un costo mensual de \$566.45. en el consumo máximo estudiado.

⁸⁴ Fuente Propia

CAPÍTULO III

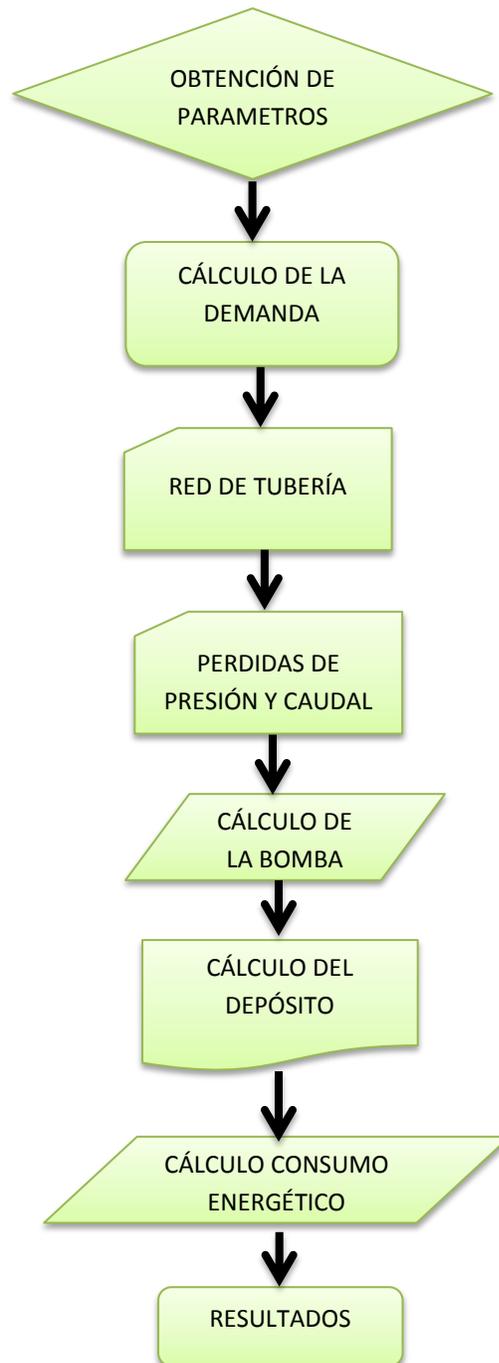
REDISEÑO DEL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA

Introducción

Este capítulo está enfocado a dar los pasos correctos para realizar el diseño de una instalación de vacío hospitalario, tomando en cuenta todas las características que involucra una adecuada selección de equipos y verificación del correcto funcionamiento sistema.

- Cálculo del consumo total de la red de vacío, considerando el factor de corrección de funcionamiento para la altura de la ciudad de Quito.
- Cálculo de pérdidas generadas por las tuberías del sistema rediseñado, así como de los accesorios incluidos en el mismo: válvulas, cajas de corte, filtros bacteriológicos, etc.
- Cálculo de capacidad y diseño del depósito de almacenamiento de vacío.
- Parámetros de instalación de la red bajo la norma NFPA 99.

3.1. Organigrama de Planteamiento figura (3-42)



*Fig.3-42. Desarrollo del capítulo*⁸⁵

⁸⁵ Fuente Propia

3.2. Rediseño de sistema de vacío en terapia intensiva HCAM

En el capítulo anterior se consideró los parámetros que están actualmente instalados en el sistema, tomando datos existentes en el mismo y con el cual opera hasta la actualidad. En el presente capítulo se dan los lineamientos para un correcto diseño de una red de vacío.

3.2.1. Cálculo de consumo de la red Norte y Sur

En primera instancia se debe tener claro cuáles son las unidades básicas de medidas de vacío y su relación en los diferentes sistemas de medición como se muestra en la tabla (3-28).

Units			
Negative gauge pressure, P_g , psig	Absolute pressure, P_a , psia	Inches of mercury, P_m	kPa absolute
0	14.7	0	101.4
Atmospheric pressure at sea level			
-1.0	13.7	2.04	94.8
-2.0	12.7	4.07	87.5
-4.0	10.7	8.14	74.9
-6.0	8.7	12.20	59.5
-8.0	6.7	16.30	46.2
Typical working vacuum level			
-10.0	4.7	20.40	32.5
-12.0	2.7	24.40	17.5
-14.0	0.7	28.50	10.0
-14.6	0.1	29.70	1.0
-14.7	0	29.92	0
Perfect vacuum (zero reference pressure)			

Tabla.3-28. Unidades de medida de vacío.⁸⁶

La presión de trabajo real varía de acuerdo al lugar donde se va a instalar el equipo, ya que a mayor altura de la zona, la presión barométrica disminuye tal como lo muestra el (Anexo Tabla 8), se toma los datos para la altura a la cual Quito se encuentra.

⁸⁶ FRANKEL Michael, “Facility piping systems handbook”, McGraw Hill, 2da. edición, p. 15.14

Con las indicaciones preliminares en el capítulo anterior con relación a la capacidad de la bomba se puede continuar con la descripción apropiada de cómo se debe calcular un sistema de vacío para una zona hospitalaria.

Se debe tomar en cuenta los siguientes pasos a seguir:

1. Determine el número total de salidas y los consumos que van a exigir los equipos en sus respectivas tomas y categorice de acuerdo a la tabla (3-29). En caso de no conocer el número de tomas, se puede tomar la misma tabla como referencia.

	Minimum number of station inlets	Usage group
Anesthetizing Locations		
Operating room	3/rm	A
Cystoscopy/Endoscopy	3/rm	A
Delivery	3/rm	A
Special procedures	3/rm	A
Other anesthetizing locations	3/rm	A
Acute Care Locations (Nonanesthetizing Locations)		
Neonatal	4/bed	A
Recovery room (postanesthesia)	3/bed	A
Critical care	3/bed	A
Special procedures	2/rm	A
Emergency rooms	1/bed	A
Emergency rooms—cardiac	2/bed	A
Cardiac ICU (CCU)	2/bed	A
Catheterization lab	2/rm	B
Surgical excision rooms	1/rm	B
Dialysis unit	(1/2)/bed	B
Birth rooms (LDRP or LDR)	2/rm	A
Postpartum bedroom	1/rm	B
Subacute Care Areas (Nonanesthetizing Locations)		
Nurseries	1/bed	B
Infant resuscitation station	1/bassinet	A
Exam and treatment rooms	1/bed	B
Respiratory care	Convenience	
Other		
Autopsy	1/table	B
Central supply	Convenience	B
Equipment repair, calibration, and teaching	Convenience	B
Laboratory*		—

Tabla 3-29. Tabla referencial para tomas por área⁸⁷

⁸⁷ FRANKEL Michael, “Facility piping systems handbook”, McGraw Hill, 2da. edition, p. 15.26

La diversificación por grupos en forma de A (Uso de mayor frecuencia y áreas críticas) o B (Uso de menor frecuencia) se base en recomendaciones de la norma NFPA 99 y de la AIA (*American Institute Architects*), para facilitar la importancia del uso adecuado de vacío por sectores, cuyo factor se obtiene de acuerdo a promedios estandarizados de uso y ensayos en laboratorio. La figura (3-43) muestra estos promedios de la siguiente manera:

No. of inlets	Diversity	
	A	B
15	100	100
20	100	99
25	100	96
30	100	92
35	99	86
40	99	78
45	99	70
50	98	66
57	97	62
60	96	59
65	95	56
70	94	54
75	92	52
80	90	50
85	87	48
90	84	46
95	80	44
100	75	42
110	70	40
120	66	39
130	62	38
140	58	36
150	55	35
160	53	34
170	50	33
180	47	32
190	44	30
200	42	29
220	38	28
240	36	27
260	34	27
280	32	26
300	31	25
340	30	24
380	28	23
420	26	22
460	24	21
500	22	21
600	21	20
700	20	20
800	19	19
900	19	19
1000	18	18

Fig.3-43. Factor de diversificación vs Número de tomas⁸⁸

⁸⁸ FRANKEL Michael, “*Facility piping systems handbook*”, McGraw Hill, 2da. edition, p. 15.28

De acuerdo a estos promedios se obtiene la gráfica de la figura (3-44).

- Una vez que se determina el número de tomas por cama y se elige el grupo de uso, se calcula el factor de uso con la siguiente gráfica:

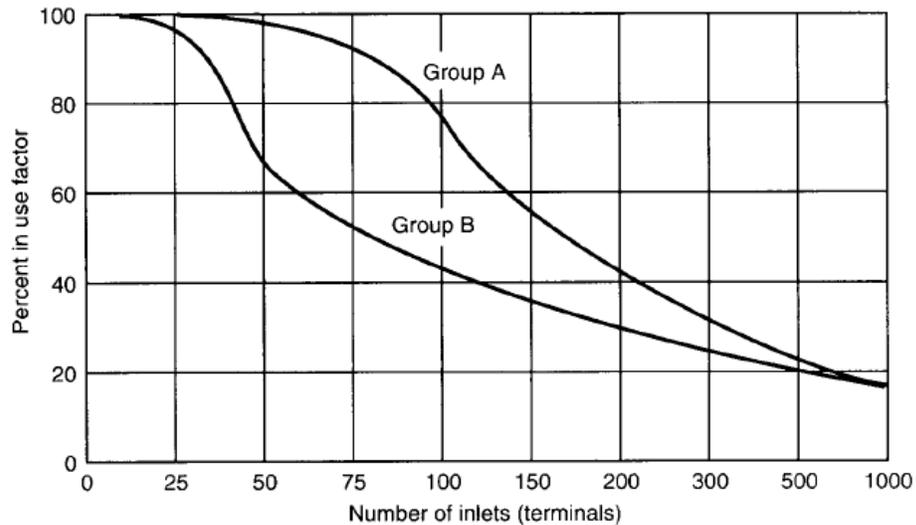


Fig.3-44. Gráfica de consumos por grupos⁸⁹

- Para calcular el consumo total de la red se multiplica los scfm, por el número total de tomas y por el factor de uso. Esta referencia se toma cuando no se conoce el consumo específico de los equipos en las tomas.
- La bomba que se seleccione deberá solventar sin ningún problema la demanda requerida por el sistema, considerando la ubicación geográfica donde se instalara la red de vacío; en caso de ser un sistema dúplex las bombas de forma individual deben ser capaces de abastecer la demanda sin ningún problema como lo indica la norma NFPA 99.
- El vacío que genere la bomba debe ser basado en un rango de trabajo de 21 in Hg y un mínimo de presión en la toma más alejada de 14 in Hg. El tener un rango de 5 in Hg es esencial para las pérdidas generadas por la fricción en las tuberías y por los cambios de diámetros hacia las tomas.

⁸⁹ FRANKEL Michael, "Facility piping systems handbook", McGraw Hill, 2da. edition, p. 15.27

6. Calcular las pérdidas de presión ejercidas por la fricción de las tuberías.
7. Verificar que el sistema sea capaz de abastecer toda esta demanda.

3.2.2. Detalles de consideración para el rediseño.

- Determine el trazo de las tuberías de acuerdo al espacio existente para los mismos. De preferencia se los realiza en planos de construcción, además se debe evitar su circulación por lugares de temperatura muy elevadas ($>60\text{ }^{\circ}\text{C}$) o muy bajas ($< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$). No se debe olvidar su inclinación adecuada para la eliminación de condensado o aceite.
- Las conexiones en forma de cuello de ganso se deben realizar en medida de lo posible en cambio de dirección para evitar traer fluidos a través de la tubería, de esta manera el condensado termina por evacuarse sin afectar ni al paciente ni al sistema.
- Se debe tener en cuenta si la necesidad de un sistema de vacío debe incrementar su potencia y si este es el caso, verificar que la capacidad eléctrica sea capaz de abastecer sin problema la nueva demanda.
- De la bomba se debe conocer la capacidad requerida, la potencia y el voltaje de la misma, además debe poseer un filtro de aire el cual se cambiara en determinado tiempo, ya que los fluidos tienden a concentrarse en el mismo y producen una caída de eficiencia del equipo.
- En las instalaciones el contratista debe proporcionar dos informaciones importantes en relación a la instalación del sistema: Documentación que verifique que todas las tuberías y accesorios son los requeridos por la norma NFPA 99 5.1.10.1 y 5.1.10.2. y que sus instaladores cuentan con la certificación para realizar esos trabajos de tuberías de gases medicinales.
- La bomba rotativa de paletas lubricada ofrece una alta duración, como mínimo sin ningún problema debería dar 30000 horas de servicio y su pérdida de presión en la recirculación de aceite es mínima.

Existe dos parámetros que también se va en la necesidad de mejorar el modelo del hospital Carlos Andrade Marín, estos se refieren al control y mantenimiento de los equipos.

La primera parte busca identificar qué área del hospital se va a calcular, siendo así, en este caso utilizaremos el parámetro de 3 tomas por cama y que pertenece al “Grupo A” según la tabla (3-26).

Se considera que la idea es mantener la capacidad de abastecimiento para las personas actuales en el área, por lo que el número de camas seguirá siendo las 38 que se encontró en el levantamiento.

Con estos datos se obtiene un valor total de 114 tomas a considerarse en toda el área, con un factor de uso de 0.75 aproximadamente, pero no se debe olvidar que el 30 % de estas tomas son considerados como auxiliares y su frecuencia de uso es muy baja llegando a ser la mitad de factor de uso obtenido así que se puede mantener el 0.4 del levantamiento anterior.

De igual manera no se puede alterar el equipo médico utilizado en el área para drenaje de secreciones y este, sigue siendo el mismo (Anexo 03), por lo cual su consumo mínimo será igual de 60 lts/min.

Con estos datos podemos obtener el flujo para el sistema de forma general, expresada en la Tabla (3-30):

Sección Hospitalaria	Zona	# Camas	# Tomas de uso Cte.	Factor Uso	# Tomas de uso Aux.	Factor Uso (Aux)	Consumo (LPM)	Consumo Teórico (LPM)	Consumo Real (LPM)	Consumo Estadístico Real (LPM)
Sección Sur	Aislamiento	6	12	0.75	6	0.4	60	1080	684	360
	Cuidados Generales	11	22	0.75	11	0.4	60	1980	1254	660
Sección Norte	Aislamiento	9	18	0.75	9	0.4	60	1620	1026	540
	Cuidados Generales	12	24	0.75	12	0.4	60	2160	1368	720
							TOTAL	6840	4332	2280

Tabla 3-30. Cálculo de consumo para el rediseño de UTI⁹⁰

⁹⁰ Fuente Propia

Se obtiene un consumo total de 4340 l/min o 154 scfm, ya que se considera que los reguladores de succión están diseñados de igual manera para la medida de presión estándar que es a nivel del mar y con la capacidad de estos ha sido calculado este caudal, se debe utilizar la ecuación 1.17 para encontrar las acfm que es la medida de trabajo real.

La ciudad de Quito se encuentra a una altura promedio de 2750 a 2800 m sobre el nivel del mar lo que da una presión barométrica de 21.39 in Hg según el (Anexo Tabla 08) y la temperatura promedio de trabajo para el hospital está considerado en los 20 °C.

Con estos datos podemos calcular los acfm, al cual deberá ser considerado el equipo para su uso óptimo en la ciudad:

$$\text{SCFM} = 154 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$P = 21.28 \text{ in Hg}$$

$$T = 68 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\mathbf{acfm = 218.72 (6230 \text{ l/min})}$$

Con la ecuación 1.17 se realiza una corrección para la capacidad de la bomba a requerirse con respecto a la zona de ubicación y su presión barométrica medida en el lugar, en este caso para el Hospital Carlos Andrade Marín se necesita una bomba con una capacidad de 250 acfm o 425 m³/h.

En el mercado se encuentra una bomba de vacío BECKER Modelo. U4.400SA, que tiene un flujo de 290 scfm (490 m³/h) y cuya curva se presenta en la figura (3-45).

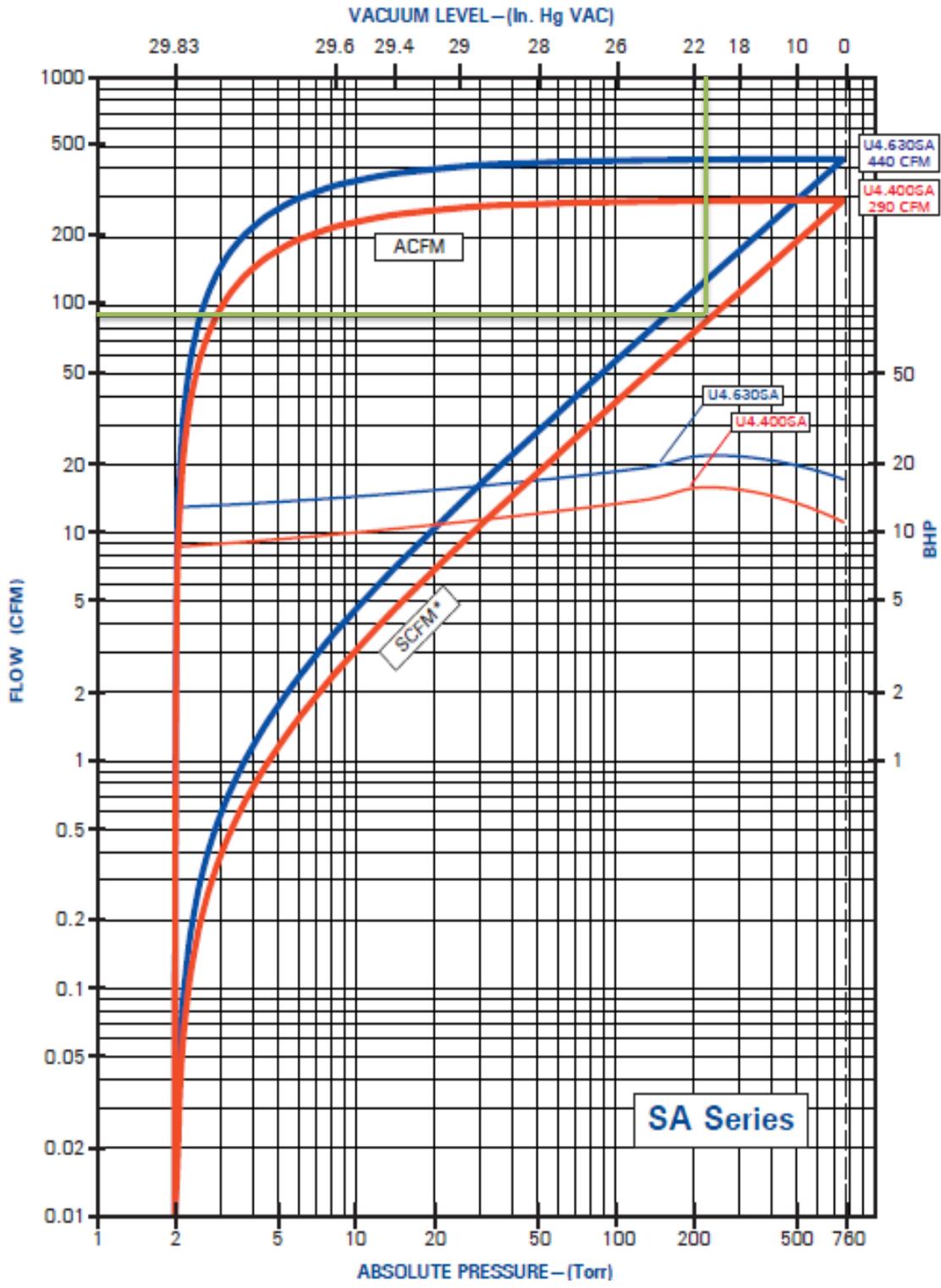


Fig.3-45. Curva de bombas de vacío BECKER⁹¹

⁹¹ www.beckerpumps.com/U4_400_SA_DATA.SHEET.pdf

La curva de la bomba seleccionada indica que con un vacío generado de 21 in Hg se tiene una entrega general de caudal al sistema de 90 scfm o 2548 l/min, que de igual manera de forma general se divide para las 114 tomas, se obtiene un flujo de 22.35 l/min que está muy adecuado para el sistema requerido, pero que además supera la demanda en el consumo estadístico requerido de 80. 51 scfm o 2280 l/min, por lo que esta sería la bomba adecuada para la implementación sin fallos de flujo en el Área de Terapia Intensiva del Hospital Carlos Andrade Marín.

3.2.3. Cálculos de pérdidas por red de tubería y filtros

Para los cálculos posteriores se deben tener muy en claro tanto los parámetros de diseño que posee actualmente el sistema así como las condiciones de trabajo para el fluido.

Densidad (ρ) = 1.204 (Kg/m³) (Anexo Tabla 06)

Viscosidad cinemática (ν) = 1.51 x 10⁻⁵ (m²/s) (Anexo Tabla 05)

En el primer capítulo se habla sobre el número Mach ecuación 1.1 y la velocidad aceptable para el aire en instalaciones de succión, esta información coincide con lo encontrado el libro de “Gases Medicinales” de Eduardo Lázaro, que indica una velocidad promedio de 100 m/s para generación de vacío en un ambiente con aire, con lo cual se podría comenzar un cálculo de diferentes iteraciones con variación en un diámetro aceptable y una velocidad no superior a la indicada, obtenida con la ecuación 1.11.

V permissible = 100 m/s

Q = 490 m³/h

P = 0.701 Atm (21 in Hg)

$$D = 18.8x \left[\frac{Q}{VxP} \right]^{1/2}$$

Cálculo de Diámetro			
Caudal	Presión	Velocidad	Diámetro
490	0.701	100	49.704634

Tabla 3-31. Cálculo velocidad de succión 1

Corrigiendo el diámetro a 2" o 50.41 mm:

Cálculo de Velocidad			
Caudal	Presión	Diámetro	Velocidad
490	0.701	50.41	97.2210631

Tabla 3-32. Cálculo velocidad de succión 2

Velocidad de succión: 97.22 m/s

Estos valores indican que para la capacidad calculada previamente de la bomba se puede utilizar una tubería de 2" tabla (3-31, 3-32) para la línea principal de succión figura (3-46), que ira direccionada al Área de Terapia Intensiva y sin sobrepasar los límites de velocidad que afecten a las operaciones del sistema.

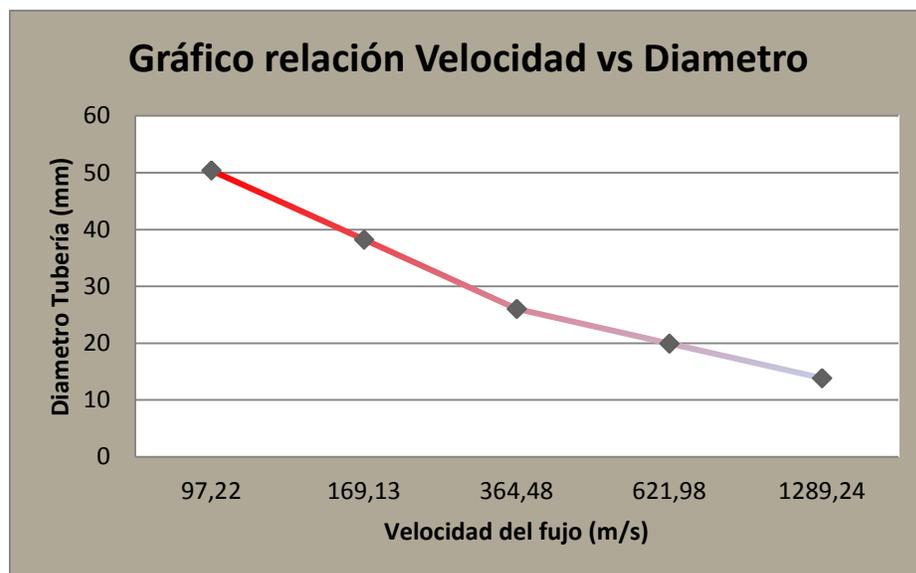


Fig.3-46. Gráfica velocidad vs diámetro⁹²

⁹² Fuente Propia

El cálculo anterior se lo realiza para dar un parámetro de velocidad y de tubería que se podría seguir en el tramo inicial de las bombas, el cual según se observa puede dar buenos resultados; pero de igual manera se debe tomar como punto inicial para los cálculos las capacidades requeridas en las tomas y como se hizo en el caso del levantamiento. Observando los consumos por secciones en los planos 10.110482.03.03 y 10.110482.03.04., que son los que contienen los cambios realizados a la red de tuberías como parte del rediseño. Para de esta manera obtener las velocidades que realmente están produciéndose en el nuevo planteamiento de sistema que nosotros ponemos a consideración.

Tomando en consideración que la bomba que se instala tendría un caudal de 22.35 l/min para cada toma de forma general se utiliza el factor de Eduardo Lázaro que en cada cama el consumo será de 60 l/min.

Consumo Estadístico Real				
Días	# Camas en Uso	Consumo aprox.por cama (l/min)	Consumo por día (l/min)	# Tomas en uso por cama
Lunes	21	60	1260	1
Martes	24	60	1440	1
Miércoles	26	60	1560	1
Jueves	21	60	1260	1
Viernes	19	60	1140	1
Sábado	26	60	1560	1
Domingo	28	60	1680	1

Tabla 3-33. Cuadro consumos semanales por cama en UTI HCAM⁹³

Manteniendo el consumo estadístico de igual manera que en el levantamiento expresado en la tabla (3-33), se procede al cálculo de los demás parámetros para encontrar las pérdidas de presión, tabla (3-34, 3-35).

Empezando por la velocidad de cada zona según su consumo con la ecuación 1.12.

⁹³ Fuente propia

Rediseño para Sección Sur HCAM									
	# Tomas	Consumo (m3/h)	Factor de Uso	Consumo Real (m3/h)	Ø Nominal	Diámetro (mm)	Área de Sección Tubería (m2)	Sección de Aplicación	Velocidad Promedio (m/s)
Por cama	3	3.6	0.6	2.16	1/2"	13.843	0.00015051	VER PLANO	3.98657479
3 Camas Asimi. a Tubo. Ø 1"	9	10.8	0.6	6.48	1"	26.035	0.00053236	S17/S20	3.38116562
11 Camas Gral.. A Tubo. Ø 1 Cajas Corte	33	39.6	0.6	23.76	1 1/2"	38.22	0.00114729	S03/S04	5.75269929
18 Camas a Tubería Descarga a Bomba	51	61.2	0.6	36.72	2"	50.41	0.00199583	S01/S02	5.11064695

Tabla 3-34. Cuadro velocidades rediseñadas para tubería Sección Sur UTI HCAM⁹⁴

⁹⁴ Fuente propia

Rediseño para Sección Norte HCAM									
	# Tomas	Consumo (m3/h)	Factor de Uso	Consumo Real (m3/h)	Ø Nominal	Diámetro (mm)	Área de Sección Tubería (m2)	Sección de Aplicación	Velocidad Promedio (m/s)
Por cama	3	3.6	0.6	2.16	1/2"	13.843	0.00015051	VER PLANO	3.98657479
3 Camas Asimi. a Tubo. Ø1"	9	10.8	0.6	6.48	1"	26.035	0.00053236	N20	3.38116562
2 Camas Asimi. a Tubo. Ø1"	6	7.2	0.6	4.32	1"	26.035	0.00053236	N19/N22/N25	2.25411041
12 Camas Gral.. A Tubo. Ø1" " Pasillo	36	43.2	0.6	25.92	1 1/2"	38.22	0.00114729	N05/N04	6.27567196
21 Camas a Tubería Descarga a Bomba	63	75.6	0.6	45.36	2"	50.41	0.00199583	N01/N02/N03	6.31315211

Tabla 3-35. Cuadro velocidades rediseñadas para tubería Sección Norte UTI HCAM⁹⁵

⁹⁵ Fuente propia

Con el procedimiento ya conocido se pasa al cálculo del número de Reynolds con la ecuación 1.8, tabla (3-36, 3-37).

Cálculo de Número de Reynolds Rediseño Sección Sur					
\emptyset Tubería	\emptyset Int. (m)	Viscosidad Cinemática	Velocidad Promedio (m/s)	Sección de Aplicación	Numero de Reynolds
1/2"	0.013843	0.0000151	3.987	VER PLANO	3654.712236
1"	0.026035	0.0000151	3.381	S17/S20	5829.711713
1 1/2"	0.03822	0.0000151	5.753	S03/S04	14560.80576
2"	0.05041	0.0000151	5.111	S01/S02	17061.43791

Tabla 3-36. N. Reynolds rediseño tubería Sección Sur UTI HCAM⁹⁶

Cálculo de Número de Reynolds Rediseño Sección Norte					
\emptyset Tubería	\emptyset Int. (m)	Viscosidad Cinemática	Velocidad Promedio (m/s)	Sección de Aplicación	Numero de Reynolds
1/2"	0.013843	0.0000151	3.987	VER PLANO	3654.712236
1"	0.026035	0.0000151	3.381	N20	5829.711713
1"	0.026035	0.0000151	2.254	N19/N22/N25	3886.474475
1 1/2"	0.03822	0.0000151	6.276	N04/N05	15884.51538
2"	0.05041	0.0000151	6.313	N01/N02/N03	21075.89389

Tabla 3-37. N. Reynolds rediseño tubería Sección Norte UTI HCAM⁹⁷

Con los datos obtenidos se comprueba que el flujo sigue manteniendo la característica de ser **turbulento** ($Re > 4000$; $V_{max} = 100$ m/s), para el proyecto en su rediseño indica que los parámetros de funcionamiento se mantienen adecuados y que los cálculos van por la dirección correcta.

Cálculo de factor de Darcy para los nuevos valores obtenidos con la ecuación de Haanland, tabla (3-38, 3-39).

⁹⁶ Fuente propia

⁹⁷ Fuente propia

Cálculo de Factor Darcy Rediseño Sección Sur					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (mm)	Rugosidad (ϵ) (mm)	N. Reynolds	Secc. Aplicación	f
1/2"	13.843	0.0015	3654.712236	VER PLANO	0.041667178
1"	26.035	0.0015	5829.711713	S17/S20	0.036076878
1 1/2"	38.22	0.0015	14560.80576	S03/S04	0.027980183
2"	50.41	0.0015	17061.43791	S01/S02	0.026848921

Tabla 3-38. Factor de fricción para rediseño tubería Sección Sur UTI HCAM⁹⁸

Cálculo de Factor Darcy Sección Norte					
\varnothing Tubería	\varnothing Int. (mm)	Rugosidad (ϵ) (mm)	N. Reynolds	Secc. Aplicación	f
1/2"	13.843	0.0015	3654.712236	VER PLANO	0.041667178
1"	26.035	0.0015	5829.711713	N20	0.036076878
1"	26.035	0.0015	3886.474475	N19/N22/N25	0.040828508
1 1/2"	38.22	0.0015	15884.51538	N04/ N05	0.027358727
2"	50.41	0.0015	21075.89389	N01/N02/N03	0.025461568

Tabla 3-39. Factor de fricción para rediseño tubería Sección Norte UTI HCAM⁹⁹

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores se procede a calcular las pérdidas generadas en la nueva red que se plantearía como opción para presentar en un rediseño de la red, sin tantas variaciones bruscas de medidas y manteniendo de forma estándar la gran mayoría del circuito, de igual manera tomando como base que su pérdida admisible sea de 5 -6 in Hg en lo que a tuberías y accesorios se refiere.

La tabla (3-40, 3-41), muestra las pérdidas generadas en las secciones de los planos 10.110482.03.03 y 10.110482.03.04, pero considerando que entre su punto de inicio de succión y su punto más alejado solo haya una caída de presión permisible a la expuesta anteriormente.

Además se mantiene el método de longitud equivalente que se usa para casos de sistemas en red y simplifica el trabajo, dando una aproximación muy acertada de los valores expuesta en el primer capítulo en la ecuación 1.7.

⁹⁸ Fuente propia

⁹⁹ Fuente propia

Perdidas Mayores Rediseño Sección Sur HCAM						
Sección	Longitud (m)	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Factor Fricción	Longitud Corregida (+20%)	Perdidas (hL)
S.1 *	8,46	0,05041	2"	0,026848921	10,152	7,205389009
S.2 **	95,9	0,05041	2"	0,026848921	115,08	81,67810945
S.3 *	5,76	0,03822	1 1/2"	0,027980183	6,912	8,543796025
S.4 *	37,19	0,03822	1 1/2"	0,027980183	44,628	55,16384969
S.5	8,24	0,013843	1/2"	0,041667178	9,888	24,13326552
S.6	9,11	0,013843	1/2"	0,041667178	10,932	26,68131661
S.7	6,08	0,013843	1/2"	0,041667178	7,296	17,8070697
S.8	8,99	0,013843	1/2"	0,041667178	10,788	26,32986129
S.9	8,05	0,013843	1/2"	0,041667178	9,66	23,57679459
S.10	6,96	0,013843	1/2"	0,041667178	8,352	20,38440874
S.11	6,53	0,013843	1/2"	0,041667178	7,836	19,12502716
S.12	6,97	0,013843	1/2"	0,041667178	8,364	20,41369668
S.13	6,96	0,013843	1/2"	0,041667178	8,352	20,38440874
S.14	6,53	0,013843	1/2"	0,041667178	7,836	19,12502716
S.15	6,97	0,013843	1/2"	0,041667178	8,364	20,41369668
S.16	5,8	0,013843	1/2"	0,041667178	6,96	16,98700728
S.17 *	23,62	0,026035	1"	0,036076878	28,344	22,90916841
S.18	5,8	0,013843	1/2"	0,041667178	6,96	16,98700728
S.19	5,8	0,013843	1/2"	0,041667178	6,96	16,98700728
S.20	23,11	0,026035	1"	0,036076878	27,732	22,41451659
S.21	5,86	0,013843	1/2"	0,041667178	7,032	17,16273494
S.22 *	5,86	0,013843	1/2"	0,041667178	7,032	17,16273494
S.23	5,69	0,013843	1/2"	0,041667178	6,828	16,6648399
					TOTAL	538,2407337
Nota: En las secciones que tienen tubería de 1/2" se le sumado 2.5 mts mas considerando la altura de conexión hasta las tomas de vacío, ya que eso se encuentra empotrado por la pared y esta medida es tomada como base.						
El 20 % que se le suma a las tuberías sirve como consideración de perdidas de accesorios y cambio de direcciones.						
Las medidas de longitud que tienen el símbolo (*) se las a sumado 2 metros de tubería considerando su altura.						

Tabla 3-40. Perdidas en rediseño de tubería Sección Sur UTI HCAM¹⁰⁰

¹⁰⁰ Fuente propia

Perdidas Mayores Rediseño Sección Norte HCAM						
Sección	Longitud (m)	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Factor Fricción	Longitud Corregida (+20%)	Perdidas (hL)
N.1	8,46	0,05041	2"	0,025461568	10,152	10,42693075
N.2 **	25,66	0,05041	2"	0,025461568	30,792	31,62589162
N.3	43,67	0,05041	2"	0,025461568	52,404	53,82317564
N.4 **	8,88	0,03822	1 1/2"	0,027358727	10,656	15,32723457
N.5 *	43,08	0,03822	1 1/2"	0,027358727	51,696	74,35780013
N.6	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.7	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.8	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.9	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.10	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.11	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.12	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.13	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.14	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.15	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.16	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.17	5,78	0,013843	1/2"	0,041667178	6,936	16,92843139
N.18	8	0,013843	1/2"	0,041667178	9,6	23,43035487
N.19 *	17,21	0,026035	1"	0,040828508	20,652	8,395804945
N.20 *	19,6	0,026035	1"	0,036076878	23,52	19,01014821
N.21	12	0,013843	1/2"	0,041667178	14,4	35,1455323
N.22 *	17,2	0,026035	1"	0,040828508	20,64	8,3909265
N.23	8	0,013843	1/2"	0,041667178	9,6	23,43035487
N.24	8	0,013843	1/2"	0,041667178	9,6	23,43035487
N.25	12,53	0,026035	1"	0,040828508	15,036	6,112692386
					TOTAL	536,0483784
<p>Nota: En las secciones que tienen tubería de 1/2" se a sumado 2.5 mts mas considerando la altura de conexión hasta las tomas de vacío, ya que eso se encuentra empotrado por la pared y esta medida es tomada como base.</p> <p>El 20 % que se le suma a las tuberías sirve como consideración de perdidas de accesorios y cambio de direcciones.</p> <p>Las medidas de longitud que tienen el símbolo * se las a sumado 2 metros de tubería considerando su altura.</p>						

Tabla 3-41. Pérdidas en rediseño de tubería Sección Norte UTI HCAM¹⁰¹

¹⁰¹ Fuente propia

Una vez obtenidos los datos de las pérdidas se puede calcular la caída de presión por sección, con la ecuación 1.9, tabla (3-42, 3-43).

Perdidas de Presión Sección Sur			
Sección	Ø Nominal	Perdidas HL (m)	Perdida de Presión (Pas)
S.1 *	2"	7.20538901	84.7353747
S.2 **	2"	81.6781094	960.534567
S.3 *	1 1/2"	8.54379603	100.475041
S.4 *	1 1/2"	55.1638497	648.726872
S.5	1/2"	24.1332655	283.807202
S.6	1/2"	26.6813166	313.772283
S.7	1/2"	17.8070697	209.41114
S.8	1/2"	26.3298613	309.639169
S.9	1/2"	23.5767946	277.263104
S.10	1/2"	20.3844087	239.720647
S.11	1/2"	19.1250272	224.910319
S.12	1/2"	20.4136967	240.065073
S.13	1/2"	20.3844087	239.720647
S.14	1/2"	19.1250272	224.910319
S.15	1/2"	20.4136967	240.065073
S.16	1/2"	16.9870073	199.767206
S.17 *	1"	22.9091684	269.41182
S.18	1/2"	16.9870073	199.767206
S.19	1/2"	16.9870073	199.767206
S.20	1"	22.4145166	263.594715
S.21	1/2"	17.1627349	201.833763
S.22 *	1/2"	17.1627349	201.833763
S.23	1/2"	16.6648399	195.978517
	Total	538.240734	6329.71103

Tabla 3-42. Pérdidas de presión en rediseño de tubería Sección Sur UTI HCAM¹⁰²

¹⁰² Fuente propia

Perdidas de Presión Sección Norte			
Sección	Ø Nominal	Perdidas HL (m)	Perdida de Presión (Pas)
N.1	2"	10.4269308	122.620706
N.2 **	2"	31.6258916	371.920485
N.3	2"	53.8231756	632.960545
N.4 **	1 1/2"	15.3272346	180.248279
N.5 *	1 1/2"	74.3578001	874.44773
N.6	1/2"	16.9284314	199.078353
N.7	1/2"	16.9284314	199.078353
N.8	1/2"	16.9284314	199.078353
N.9	1/2"	16.9284314	199.078353
N.10	1/2"	16.9284314	199.078353
N.11	1/2"	16.9284314	199.078353
N.12	1/2"	16.9284314	199.078353
N.13	1/2"	16.9284314	199.078353
N.14	1/2"	16.9284314	199.078353
N.15	1/2"	16.9284314	199.078353
N.16	1/2"	16.9284314	199.078353
N.17	1/2"	16.9284314	199.078353
N.18	1/2"	23.4303549	275.540973
N.19 *	1"	8.39580495	98.7346662
N.20 *	1"	19.0101482	223.559343
N.21	1/2"	35.1455323	413.31146
N.22 *	1"	8.3909265	98.6772956
N.23	1/2"	23.4303549	275.540973
N.24	1/2"	23.4303549	275.540973
N.25	1"	6.11269239	71.8852625
	Total	536.048378	6303.92893

**Tabla 3-43. Pérdidas de presión en rediseño de tubería Sección Norte UTI
HCAM¹⁰³**

¹⁰³ Fuente propia

Las pérdidas de presión en la sección Sur son de 6329,71 Pas o 0.918 psi y (1.86 in Hg) mientras que las pérdidas de presión en la sección Norte son de 6303.92 Pas o 0.914 psi (1.86 in Hg), logrando igualar las perdidas en las dos secciones.

Los cálculos demuestran que la pérdida total de presión en tuberías para nuestro sistema propuesto es de 12633.64 Pas, expresado de otra forma es 1.83 Psi o 3.73 in Hg tabla (3-44), lo que al sistema de vacío de 21 in Hg le significaría una pérdida de 17.76 % de su capacidad de succión.

Esta pérdida es más baja que lo existente en las actuales condiciones del Área de Terapia Intensiva con una disminución de 1.96 in Hg que significa un 34.46 % menos en pérdidas, considerándose un porcentaje aceptable para la implementación del proyecto manteniéndose dentro de los parámetros correctos de funcionamiento, tomando en cuenta que se logró estandarizar la red de tal manera que no existan cambios bruscos de diámetros de tuberías y mejorando el control con el anexo de válvulas de corte para separar de forma más adecuada las camas hospitalarias en caso de un mantenimiento.

Sección	Perdidas Presión (Pas)	Perdidas Presión (psi)	Perdidas Presión (in Hg)
SUR	6329.711	0.918	1.869
NORTE	6303.929	0.914	1.862
TOTAL	12633.640	1.832	3.731

Tabla 3-44. Pérdidas de Presión general UTI HCAM¹⁰⁴

¹⁰⁴ Fuente propia

El volumen a evacuar se da con el análisis de la ecuación 1.14 es las siguientes tablas (3-45, 3-46):

CÁLCULO DE VOLUMEN EN TUBERÍAS (SECCIÓN SUR)					
Sección	f	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Longitud +20% (m)	Volumen (m ³)
S.1	0,018558405	0,05041	2"	10,152	0,020261701
S.2	0,018558405	0,05041	2"	115,08	0,229680511
S.3	0,017534162	0,026035	1"	6,912	0,003679678
S.4	0,017534162	0,026035	1"	44,628	0,023758197
S.5	0,025898789	0,013843	1/2"	9,888	0,001488195
S.6	0,025898789	0,013843	1/2"	10,932	0,001645322
S.7	0,025898789	0,013843	1/2"	7,296	0,001098086
S.8	0,025898789	0,013843	1/2"	10,788	0,001623649
S.9	0,025898789	0,013843	1/2"	9,66	0,00145388
S.10	0,025898789	0,013843	1/2"	8,352	0,001257019
S.11	0,025898789	0,013843	1/2"	7,836	0,001179358
S.12	0,025898789	0,013843	1/2"	8,364	0,001258825
S.13	0,025898789	0,013843	1/2"	8,352	0,001257019
S.14	0,025898789	0,013843	1/2"	7,836	0,001179358
S.15	0,025898789	0,013843	1/2"	8,364	0,001258825
S.16	0,025898789	0,013843	1/2"	6,96	0,001047516
S.17	0,023071789	0,026035	1"	28,344	0,015089234
S.18	0,025898789	0,013843	1/2"	6,96	0,001047516
S.19	0,025898789	0,013843	1/2"	6,96	0,001047516
S.20	0,023071789	0,026035	1"	27,732	0,014763429
S.21	0,025898789	0,013843	1/2"	7,032	0,001058352
S.22	0,025898789	0,013843	1/2"	7,032	0,001058352
S.23	0,025898789	0,013843	1/2"	6,828	0,001027649
				TOTAL SUR:	0,328219187

Tabla 3-45. Volumen de la red en rediseño de tubería Sección Sur UTI HCAM¹⁰⁵

¹⁰⁵ Fuente propia

CALCULO DE VOLUMEN EN TUBERIAS (SECCION NORTE)					
Sección	f	Ø Int. (m)	Ø Nominal	Longitud +20% (m)	Volumen (m ³)
N.1	0,017776377	0,05041	2"	10,152	0,020261701
N.2	0,017776377	0,05041	2"	30,792	0,061455703
N.3	0,017776377	0,05041	2"	52,404	0,104589655
N.4	0,017248393	0,026035	1"	10,656	0,005672837
N.5	0,017248393	0,026035	1"	51,696	0,027520923
N.6	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.7	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.8	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.9	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.10	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.11	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.12	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.13	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.14	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.15	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.16	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.17	0,025898789	0,013843	1/2"	6,936	0,001043904
N.18	0,025898789	0,013843	1/2"	9,6	0,001444849
N.19	0,025415102	0,026035	1"	20,652	0,010994315
N.20	0,023071789	0,026035	1"	23,52	0,012521126
N.21	0,025898789	0,013843	1/2"	14,4	0,002167274
N.22	0,025415102	0,026035	1"	20,64	0,010987927
N.23	0,025898789	0,013843	1/2"	9,6	0,001444849
N.24	0,025898789	0,013843	1/2"	9,6	0,001444849
N.25	0,025415102	0,026035	1"	15,036	0,008004577
				TOTAL NORTE:	0,281037429

Tabla 3-46. Volumen de la red en rediseño de tubería Sección Norte UTI

HCAM¹⁰⁶

El volumen de la red de tubería para el rediseño junto con las válvulas mejoradas en el control de aislamiento de camas, tiene la cantidad de evacuación de 1409.25 lts incluidas todas las tuberías y el depósito.

¹⁰⁶ Fuente propia

El caudal calculado en la bomba en el rediseño es de 90 scfm (2548.51 l/min) a 21 in Hg, Se estima que la evacuación de todo el fluido de la red se lo puede hacer en 33 segundos aproximadamente. Dejando a la red sin consumo extra para ser utilizado directamente a las demandas de los reguladores.

En los planos 10.110482.03.03 y 10.110482.03.04 se puede apreciar que los cambios para el rediseño se enfocan en mejorar la selección de diámetros para las tuberías, además de la colocación de válvulas de control para poder seccionar camas de una mejor forma y no causar molestias al sistema completo o aislar toda una sección en caso de un mantenimiento correctivo.

3.2.4. Equipo Bacteriológico

Como se mencionó en el primer capítulo, un sistema de vacío medicinal consta de una parte muy importante al momento de eliminación del aire al ambiente y este es del filtrado bacteriológico, se realizó una búsqueda con referente a los filtros HEPA para una instalación en forma directa a la línea de succión pero se encontró que solo existen en forma de paneles pero de forma abierta, esto quiere decir que extraen el aire de una determinada área con su propio equipo y no se puede adecuar a un sistema de succión por tuberías.

La información que se recopiló con referente a este tipo de filtrado (Anexo 07), dio como resultado la indicación que estos filtros o trampas de succión bacteriológicas se encuentran en el mercado de forma individual y de adaptación directa hacia los reguladores de succión, haciendo la misma función de un filtro HEPA en panel, pero de forma individual para cada paciente.

La resistencia al flujo para una circulación de 60 l/min es de 26 mmHg o su equivalente a 0.0752424 in Hg, esta pérdida se dará por cada paciente o en este caso por cama ya que cada uno tendrá su uso de filtro individual.

El número total de camas en toda el área de terapia intensiva es de 38 en su máxima capacidad, si se considera esto para verificar las pérdidas producidas por los filtros

bacteriológicos se tiene que la pérdida total es de 2.85 in Hg en todo el sistema. Ah este valor se lo multiplicara por el mismo factor de uso que existe para las tomas por camas explicado anteriormente en el consumo general cuyo valor es de 0.6, dando como resultado una pérdida de 1.71 in Hg, que se sumara al total de pérdidas del sistema.

El hospital comunica que existen tipos de drenaje en los que estos filtros bacteriológicos no son necesarios, ya que los fluidos a drenar solamente necesitan una filtración de humedad. Dichos filtros son efectivos cuando la contaminación se produce por medio aéreo o respiratorio en los cuales se los usa de forma individual. Se indica que cerca del 60% de pacientes usan este tipo de filtros por potenciales contaminaciones al sistema lo que reduciría aún más las perdidas por este accesorio, dando un resultado de 1.026 in Hg.

No se debe olvidar que este sería el caso más crítico cuando el abastecimiento estuviera a su máxima capacidad, esta pérdida se debe sumar a las generadas por las tuberías y comprobar que el sistema a utilizar puede abastecer este tipo de demanda.

3.2.5. Detalle de pérdidas

- Tuberías y accesorios: 3.73 in Hg
- Filtros: 1.026 in Hg (Uso Máxima capacidad)

El sistema que se considera para instalación tiene una generación de 21 in Hg, lo que implica que en máximas condiciones de trabajo en la toma más alejada su presión será de 14 in Hg, que podría decirse es adecuada tal como se indica al principio de este capítulo; no se debe olvidar que las alarmas se activan cuando la presión disminuye a 12 in Hg o valores inferiores, debido a que para un adecuado drenaje hacia los pacientes debe existir como mínimo de 11.8 in Hg.

El rediseño como tal en pérdidas por tuberías y por filtros será de 5 in Hg, lo abastecerá sin problema un presión de succión de 15 – 16 in Hg en la toma más

alejada, sin causar ningún inconveniente para el personal que utilizara este sistema, confiando en que la demanda siempre será la adecuada.

3.3. Diseño del depósito de almacenamiento

En el diseño del depósito se debe tomar en cuenta varios factores para considerar:

- Material de construcción, que debe ser resistente a 200 psi en presión o 29.9 in Hg en caso de vacío, según norma NFPA 99. 5.1.3.6.3.
- Tamaño, que se basará en la capacidad de almacenaje y el tiempo que se requiera tener como auxiliar en caso de cambio de bomba o de alguna emergencia.
- El receptor debe cumplir con la normativa Sección VIII, recipientes a presión, de ASME para calderas y código de recipientes a presión.

Llevando a cabo el primer punto, según la norma indica el material del tanque puede ser ferroso como no ferroso, pero la consideración en relación a su uso indica que debe tratarse de un material que sea menos corrosivo, de esta manera se escoge el Acero inoxidable AISI 1010 laminado, cuyas características son las siguientes tabla (3-47):

Propiedades Físicas		
Densidad	7.7 - 8.03	(Kg/m ³)x10 ³
Temperatura de fusion	2600	(°F)
Propiedades Mecánicas		
Modulo de Elasticidad	190 - 210	(N/m ²)x10 ⁶
Razón de Poisson	0.2 - 0.3	
Esfuerzo de Tracción	365	(N/m ²)x10 ³
Alargamiento	20	%
Dureza Brinell	105	(HB)

Tabla 3-47. Propiedades del acero inoxidable AISI 1010¹⁰⁷

¹⁰⁷ Fuente Propia

Una vez que se obtiene los datos referentes al material que se va a usar, se toma el conocimiento de resistencia de materiales para la determinación del tipo de cilindro.

Los cilindros tienen relaciones del espesor “t” al diámetro interior “d” mayores o menores a 1/20, es decir:

$$\frac{t}{d} < \frac{1}{20} \quad (\text{Ecuacion 3.18})$$

Para cilindros de pared delgada.

$$\frac{t}{d} > \frac{1}{20} \quad (\text{Ecuacion 3.19})$$

Para cilindros de pared gruesa.

Manteniendo las dimensiones del sistema instalado anteriormente en lo que al depósito se refiere se tiene un diámetro de 640 mm, mientras que para su espesor se considera 2mm para empezar los cálculos.

$$t = 2\text{mm}$$

$$d = 640 \text{ mm}$$

$$0.003125 < 0.05$$

Entonces se define como un depósito de pared delgada.

Cuando los cilindros de pared delgada, como los tanques de vacío, están sujetos a una presión externa, el aplastamiento es el modo de falla y por lo tanto:

- El material obedece a la ley de Hooke
- El esfuerzo radial es cero

Los recipientes de pared delgada constituyen una importante aplicación del análisis del esfuerzo plano, debido a que las paredes oponen poca resistencia a la flexión se

hace la suposición de que las fuerzas ejercidas figura (3-47) sobre una parte de la pared son tangentes a la superficie del recipiente. Debido a la simetría axial del recipiente no ejercen esfuerzos cortantes sobre el elemento.

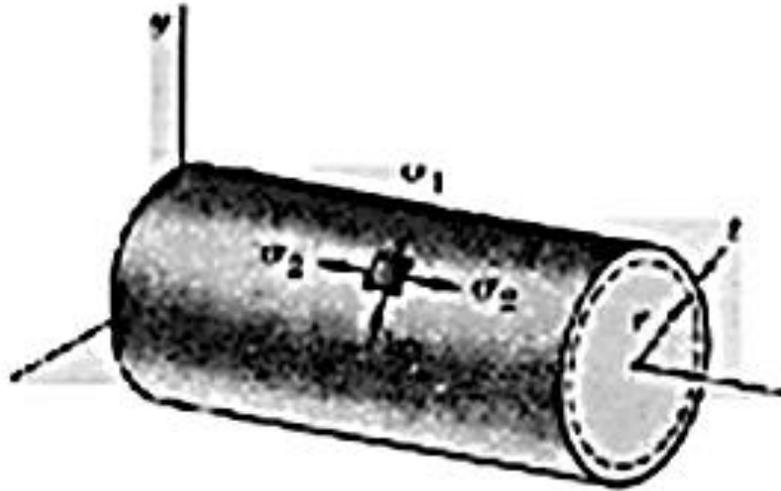


Fig.3-47. Representación de esfuerzos sobre un cilindro pared delgada

Por lo tanto los esfuerzos que se ejercen son:

- Esfuerzo Transversal σT (Aumento circunferencial) figura (3-48).

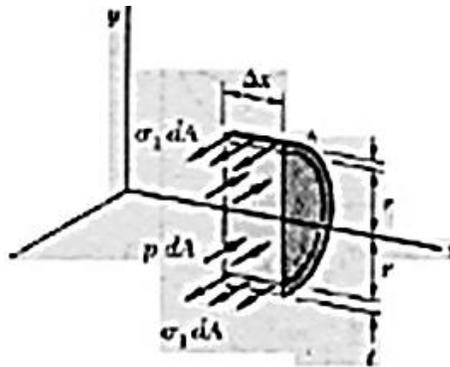


Fig.3-48. Representación de esfuerzo transversal

$$\sigma T = \sigma_1 = \frac{P * r}{t} \quad (\text{Ecuacion 3.20})$$

- Esfuerzo Longitudinal σ_L (Aumento longitudinal) figura (3-49).

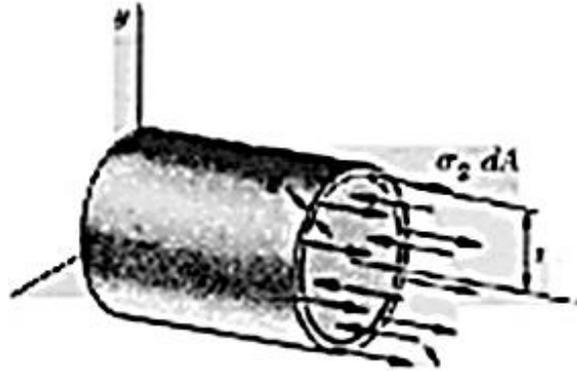


Fig.3-49. Representación de esfuerzo longitudinal

$$\sigma_L = \sigma_2 = \frac{P * r}{2t} \quad (\text{Ecuacion 3.21})$$

Por facilidad de trabajo en las unidades se considerar los dos esfuerzos en N/mm^2 .

P = será la presión externa atmosférica total como si se considerara a nivel del mar ejercida sobre el cilindro más la presión interna generada por el vacío en su máxima capacidad (por seguridad). Pero en la norma ASME VIII se dice que la presión para los depósitos en cálculo debe ser de 200 psi

r = Radio externo del depósito

t = Espesor de la pared del cilindro

Se tiene los siguientes datos:

$$P = 200 \text{ psi} = 1.3789 \text{ N}/\text{mm}^2$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$r = 320 \text{ mm}$$

- **Esfuerzo Transversal**

$$\sigma T = \frac{P * r}{t}$$

$$\sigma T = 220.76 \text{ (N/mm}^2\text{)} = 32019.66 \text{ psi}$$

- **Esfuerzo Longitudinal**

$$\sigma L = \frac{P * r}{2t}$$

$$\sigma L = 210.38 \text{ (N/mm}^2\text{)} = 16009.83 \text{ psi}$$

Con los datos obtenidos de los distintos esfuerzos se puede pasar a hacer los cálculos de las diferentes deformaciones que existirán en el tanque a calcularse.

3.3.1. Deformaciones Unitarias

Puesto que el esfuerzo radial en los cilindros de pared delgada es cero, la deformación radial también se vuelve cero y se tiene únicamente deformaciones unitarias tangenciales y longitudinales, que vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$\varepsilon_t = \frac{\sigma_t}{E} - \mu \frac{\sigma_l}{E} \quad (\text{Ecuacion 3.22})$$

$$\varepsilon_l = \frac{\sigma_l}{E} - \mu \frac{\sigma_t}{E} \quad (\text{Ecuacion 3.23})$$

Dónde:

ε_t : Deformación unitaria tangencial

ε_l : Deformación unitaria longitudinal

E: Modulo de elasticidad del material

μ : Coeficiente de Poisson

Los valores para el coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad del material utilizado en este caso están en la tabla de características del mismo.

$$E = 190000 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu: 0.3$$

De la Ecuación (3.22) y reemplazando los valores obtenemos los siguientes resultados:

$$\varepsilon_t = 0.00098765$$

$$\varepsilon_l = 0.000232388$$

Deformación total

Dichas deformaciones vienen expresadas de la siguiente ecuación:

$$\delta_t = \varepsilon_t * l \quad (\text{Ecuacion 3.24})$$

$$\delta_l = \varepsilon_l * l \quad (\text{Ecuacion 3.25})$$

Dónde:

δ_t : Deformación total tangencial

δ_l : Deformación total longitudinal

l: longitud del cilindro (mm)

Reemplazando en las ecuaciones (3.24, 3.25), se obtiene:

l: 1500 mm (longitud del cilindro)

$$\delta_t = 1.4814 \text{ mm}$$

$$\delta_l = 0.348 \text{ mm}$$

Cuando se conoce el procedimiento para obtener las diferentes deformaciones que van a existir en el tanque, se puede hacer una tabla de cálculo y ver qué sucede con diferentes espesores de plancha para observar cual puede cumplir su función y sin tener problemas.

Para estos cálculos como se mostró anteriormente se maneja una presión del tanque de 200 psi debido a que se calcula el tanque con las especificaciones de la Norma ASME VIII y estos son los valores obtenidos tabla (3-48):

Calculo de deformacion en deposito de almacenamiento de vacio								
Espesor Plancha (mm)	Radio Tanq. (mm)	Esfuerzo Transversal (psi)	Esfuerzo Longitudinal (psi)	Def. Unit. Tangencial	Def. Unit. Longitudinal	Longitud Cilindro (mm)	Def. Total Tang. (mm)	Def. Total Long. (mm)
0.1	320	640393.3544	320196.68	0.01975297	0.004647758	1500	29.62945709	6.971636963
0.5	320	128078.6709	64039.335	0.00395059	0.000929552	1500	5.925891419	1.394327393
1	320	64039.33544	32019.668	0.0019753	0.000464776	1500	2.962945709	0.697163696
2	320	32019.66772	16009.834	0.00098765	0.000232388	1500	1.481472855	0.348581848
3	320	21346.44515	10673.223	0.00065843	0.000154925	1500	0.98764857	0.232387899
4	320	16009.83386	8004.9169	0.00049382	0.000116194	1500	0.740736427	0.174290924

Tabla 3-48. Valores de espesor de plancha para depósito de vacío¹⁰⁸

Se toma en cuenta que la deformación en un tanque de este tipo no debería deformarse más de 1 mm en cualquier dirección, es por eso que se asumiría un espesor de plancha de 3 mm, sabiendo que en el caso específico de vacío su factor seguridad está muy asegurado y con esto se puede observar que los esfuerzos con este espesor no exceden el esfuerzo ultimo del material.

En este caso específico del vacío, los cabezales semielípticos se pueden utilizar el mismo espesor de la plancha del cuerpo.

¹⁰⁸ Fuente Propia

3.4. Consumo Energético Rediseño

Una bomba es capaz de abastecer la demanda estadística del Área de Terapia Intensiva en las condiciones de rediseño, por lo que en caso de un abastecimiento de este tipo el consumo de energía es de 15 Hp (11.18 Kw), el encendido promedio de las bombas es de 21 horas/día, el costo de un Kw/h trifásico es de 0.067 ctvs. Dando un costo diario de funcionamiento de \$15.73 o mensual considerado a 30 días de \$471.90.

3.5. Resultados del rediseño

- **Equipo de vacío.** Considerando la altura a nivel del mar de la ciudad de Quito, junto con el abastecimiento necesario para la totalidad de la sala de terapia intensiva del HCAM con su respectiva ampliación de la sección norte y su número total de camas en funcionamiento (38 camas), se requiere un sistema de bombas dúplex de marca BECKER Mod. U4.400 SA de 15 hp con una capacidad de succión de 90 scfm a una presión de vacío de 21 in Hg.
- **Depósito.** Su fabricación debe tener un recubrimiento epóxico interno y externo, su espesor mínimo debe ser de 3 mm según la norma ASME sección VIII o debe tener una certificación de haber sido sometido a pruebas de 200 psi por 24 horas; con una capacidad de 200 Gal. (800 lts) manteniendo su capacidad actual.
- **Tuberías.** Las tuberías han sido seleccionadas en base a la norma NFPA 99, son de tipo “L”, van a reemplazar a las tuberías que se consideran de un diámetro exagerado, ver los cambios en los planos 10.110482.02.03 y 10.110482.02.04.
- **Válvulas de corte.** Se incrementaron 6 válvulas de corte de 1” y una de 2”, para tener un mejor control sobre los mantenimientos, ya que de esta manera no hay la necesidad de aislar toda la sala y se puede sectorizar la zona

afectada, se puede apreciar en los planos 10.110482.03.03 y 10.110482.03.04.

- **Filtro bacteriológico.** El hospital indica que su sistema de filtro bacteriológico es como lo muestra en detalle el rediseño, que se considera su utilización dependiendo del tipo de drenaje que se vaya a realizar en el paciente.
- **Mantenimiento.** Las ideas de mantenimiento relacionadas directamente con el equipo de vacío y el sistema de conducción del mismo, son de forma general para su implementación en un hospital, si bien cada equipo tiene su propio plan es bueno considerar lo que si indico en este documento ya que podrían facilitar la prevención de futuros errores.
- **Planos.** Se provee de una mejor perspectiva de tuberías, dimensiones, instalaciones y direccionamiento tanto en planos de 2D como en 3D, que son de ayuda en su entendimiento y pueden facilitar futuros trabajos.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE COSTOS

Introducción

Los costos de los materiales, equipos, mano de obra, ingeniería, etc., son la principal razón a observarse dentro de cualquier construcción que se desee realizar, ya que de ello depende que el presupuesto con el que se vaya a contar sea suficiente y cumpla con los requerimientos y expectativas del proyecto.

El rediseño muestra que existen diferentes puntos directos e indirectos, relacionados con una mejora del sistema, cuyo costo se debe conocer, para preparar una información específica de los valores que se deberían invertir en el proyecto en cuestión.

La intervención de varios factores en los costos como: transporte, instalación, imprevistos, etc., son de mucha importancia para tomar en cuenta ya que son valores a ser incrementados y relacionados para su aplicación directa y que se pueda observar una inversión real en el mismo.

4.1. Cálculo de costos

El análisis de costos sirve para determinar los recursos económicos necesarios para la implementación de rediseño del proyecto, lo cual tendrá costos directos e indirectos que se manejarán en el costo total.

4.1.1. Costos Directos

Es muy importante tomar en cuenta que en el presente proyecto, las condiciones de construcción no son las mismas, ya que el sistema está instalado en su totalidad por lo que se debería hacer los cambios respectivos que se indican en los planos de rediseño, manteniendo lo que se considere estable como cajas de válvulas, alarmas, dirección de tuberías, soportería, etc.

En consideración, la descripción de los elementos a cambiarse será las descritas en la tabla (4-49):

Descripción	Unidad	Cant.
Central de vacío con Bomba Dúplex 250 cfm @ 21" Hg con deposito 200 Gal.	U	1
Tubería Cobre 2" Tipo "L" x 6m	U	11
Tubería Cobre 1" Tipo "L" x 6m	U	23
Tubería Cobre 1/2" Tipo "L" x 6m	U	20
Codo Cobre Soldable 2" Tipo "L"	U	7
Codo Cobre Soldable 1" Tipo "L"	U	18
Codo Cobre Soldable 1/2" Tipo "L"	U	50
Tee Cobre Soldable 2" Tipo "L"	U	5
Tee Cobre Soldable 1" Tipo "L"	U	15
Tee Cobre Soldable 1/2" Tipo "L"	U	36
Reducción Cobre Soldable 2-1" Tipo "L"	U	6
Reducción Cobre Soldable 1-1/2" Tipo "L"	U	18
Válvula de Bola soldable 1/4 vuelta 2"	U	1
Válvula de Bola soldable 1/4 vuelta 1"	U	6
Varilla de soldadura de plata al 30%	Lbs	22
Fundente de 16 onza	onza	3

Tabla 4-49. Materiales requeridos en rediseño¹⁰⁹

¹⁰⁹ Fuente Propia

El proyecto se enfoca directamente en cambiar las tuberías que se estima, fueron puestas sin ningún fundamento técnico o que simplemente se reutilizaron al momento de poner un funcionamiento el sistema. Los materiales expresados anteriormente servirán para el reemplazo de los existentes actualmente, tanto las bombas como los demás accesorios ya tienen incluido el costo de transporte.

Los costos son presentados en la siguiente tabla (4-50):

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Precio Unitario (Dólares)</i>	<i>Precio Total (Dólares)</i>
Central de vacío con Bomba Dúplex 250 cfm @ 21" Hg con depósito 200 Gal.	U	1	78400	78400
Tubería Cobre 2" Tipo "L" x 6m	U	11	218,83	2407,13
Tubería Cobre 1" Tipo "L" x 6m	U	23	77,85	1790,55
Tubería Cobre 1/2" Tipo "L" x 6m	U	20	35,75	715
Codo Cobre Soldable 2" Tipo "L"	U	7	9,1	63,7
Codo Cobre Soldable 1" Tipo "L"	U	18	1,83	32,94
Codo Cobre Soldable 1/2" Tipo "L"	U	50	0,3	15
Tee Cobre Soldable 2" Tipo "L"	U	5	11,12	55,6
Tee Cobre Soldable 1" Tipo "L"	U	15	2,89	43,35
Tee Cobre Soldable 1/2" Tipo "L"	U	36	0,6	21,6
Reducción Cobre Soldable 2-1" Tipo "L"	U	6	4,95	29,7
Reducción Cobre Soldable 1-1/2" Tipo "L"	U	18	1,18	21,24
Válvula de Bola soldable 1/4 vuelta 2"	U	1	221,34	221,34
Válvula de Bola soldable 1/4 vuelta 1"	U	6	198,42	1190,52
Varilla de soldadura de plata al 30%	Lbs	22	5,27	115,94
Fundente de 16 onza	onza	3	3,28	9,84
			Total	85133,45

Tabla 4-50. Costos de Materiales¹¹⁰

Costos de instalación por la mano de obra de todos los equipos, accesorios, válvulas, etc.

Para establecer los costos de mano de obra directa, se toma en cuenta los costos de mano de obra por hora, para realizar el trabajo se requeriría que la parada del sistema sea lo menos extensa posible por lo que se estima que el hospital podría dar unos 3 días como máximo para un trabajo de ese tipo, lo que implica que se trabajaría 72 horas continuas, aparte de un 15 % de utilidad, mostrado en la tabla (4-51):

¹¹⁰ Fuente Propia

<i>Denominación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo por hora (Dólares)</i>	<i>Costo Total (Dólares)</i>	<i>Utilidad 15% (Dólares)</i>
Ayudante	6	2,55	1101,6	165,24
Maestro	2	4,45	640,8	96,12
Técnico	1	4,65	334,8	50,22
Supervisor	1	17	1224	183,6
		Total	3301,2	495,18

Tabla 4-51. Costos de Mano de Obra¹¹¹

El costo total de la obra se representa por la tabla (4-52):

<i>DENOMINACIÓN</i>	<i>COSTO REAL (Dólares)</i>
Costo Equipos/ Materiales	85133,45
Mano de Obra	3796,38
Total	88929,83

Tabla 4-52. Costos Directos Totales.¹¹²

4.1.2. Costos Indirectos

Los costos indirectos son los siguientes rubros:

- Costos de materiales indirectos
- Gastos indirectos

Los costos de materiales indirectos son mostrados en la tabla (4-53):

<i>Denominación</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>Total (Dólares)</i>
Pintura	Gal.	8	25	200
Guaípe	U	20	0,5	10
Tinher	Gal.	4	14,25	57
Membrete	U	100	0,5	50
			Total	317

Tabla 4-53. Costos Materiales Indirectos.¹¹³

¹¹¹ Fuente "Contraloría General del Estado"

¹¹² Fuente Propia

Se tomara en cuenta un rubro extra denominado imprevistos, el cual compensa cualquier, movimiento y cambio existente en la ejecución del proyecto y su valor será del 5% de la suma de valores directos e indirectos.

Dando un costo total de proyecto detallado en la tabla (4-54):

Denominación	Valor (Dólares)
Costos Directos	88929,83
Costos Indirectos	317
Costo de diseño (5%)	4462,3415
Total Proyecto	93709,1715

Tabla 4-54. Costo Total del Proyecto.¹¹⁴

¹¹³ Fuente Propia

¹¹⁴ Fuente Propia

CONCLUSIONES

- El presente proyecto ha permitido conocer la aplicación de la normas NFPA 99, para uso hospitalario en la conducción de gases medicinales.
- Se ha logrado un conocimiento muy amplio de la aplicación de la teoría adquirida en los años de estudio, su manejo adecuado dentro de un proyecto y la observación de resultados para usos específicos.
- El abastecimiento de la demanda de flujo estadístico requerido se cubre en una totalidad del 100 %, a diferencia del sistema anterior que existía un déficit del 30%, sin cumplir de forma satisfactoria con los parámetros mínimos de consumo.
- Par un diseño de vacío hospitalario se debe tener en cuenta: la zona que se va abastecer, delimitando una ruta lógica de la tubería; hallar la carga total de todo el sistema, dimensionar la tubería adecuadamente y ubicar las válvulas y accesorios de forma coherente y ordenada.
- La caída máxima de presión generada por tuberías es de 3.75 in Hg con una velocidad inferior a 100 m/s para el sistema que ha sido analizado, tomando en cuenta todos los parámetros de la norma NFPA 99.
- La selección del equipo de generación de vacío debe tener como dato el flujo total requerida por el área donde se implementara, sin olvidar su factor de multiplicación por considerar la altura donde este va a trabajar.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la norma NFPA 99, en esta se detallan muchos procedimientos que ayudara de forma considerable a una correcta instalación y adecuado abastecimiento de gases medicinales y en este caso específico de vacío hospitalario.
- Es importante que la línea de vacío este señalizada en los tramos que indique la norma, así como debe indicarse adecuadamente en las válvulas de corte, para evitar un manejo inadecuado de las mismas produciendo interrupciones del flujo y cortes de suministro al área hospitalaria.
- Cualquier cambio a realizarse con respecto al control de flujo, sean estos: dirección nueva de tubería o instalación de nuevas válvulas de control, se debe capacitar al personal que maneja estas instalaciones para que no exista confusiones en su al momento de maniobrar.
- Se deben realizar pruebas de presión en todo el sistema para comprobar la hermeticidad del mismo y evitar fugas, ya que en el caso del vacío las fugas podrían convertirse en un factor importante para el mal funcionamiento y pérdidas considerables de presión.
- En caso de adquirir el equipo nuevo, con las características que aquí se indican, se debe pedir a la casa comercial los catálogos originales del mismo, aparte de la garantía respectiva, frente a los diferentes riesgos y que los suministros de los repuestos van a ser originales.
- Realizar periódicamente los mantenimientos preventivos, de las líneas del sistema de vacío y de los equipos, para evitar eventuales fallas.

Bibliografía

- MOTT, Robert; “*Mecánica de fluidos*”; 2006; Sexta Edición; Pearson educación, México.
- CENGEL, Yunus; “*Mecánica de fluidos*”; 2006; Primera Edición; McGraw-Hill; México.
- LÁZARO, Eduardo; “*Gases Medicinales*”; 2008; Primera Edición; Bioediciones; Argentina.
- CRANE; “*Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*”; 1998, Primera Edición, McGraw-Hill, México.
- FRANKEL, Michel; “*Facility piping systems handbook*”; 2002, Segunda Edición; McGraw-Hill, USA.
- NFPA 99; “*Standard for Health Care Facilities*”; 2005; USA.
- MORAN, Wendor; “*Mecánica de fluidos I*”; 1987; Primera Edición; Perú.
- HESSE, Stefan; “*Aire comprimido, fuente de energía*”; 2002; FESTO.
- SHIGLEY, J; “*Diseño en Ingeniería Mecánica*”; 2002; Sexta Edición; McGraw Hill; México.

CONSULTAS WEB

- http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/MF7_Flujo_en_sistemas_de_tuberias.pdf
- http://www.sefh.es/bibliotecavirtual/gases/lilibret_gasos_medicinals_es.pdf
- <http://image.slidesharecdn.com/codigoasmeseccionviiiidivision1a-130402151842-phpapp02/95/slide-16-638.jpg?1364935101>
- http://www.engineeringtoolbox.com/astm-copper-tubes-d_779.html
- http://www.mdsr.ecri.org/summary/detail.aspx?doc_id=8118

PLANOS

CÁLCULOS

CÁLCULO

Procedimiento para el cálculo de pérdidas de presión en tuberías

Cálculo de pérdidas de presión por fricción en un tramo de tubería figura (3)

Este es un ejemplo de cómo se realizan los cálculos de forma manual para las pérdidas de presión de presión, que en el proyecto se lo aplica directamente con hojas de cálculo en Excel.

Para el caso se usara la Sección Sur S.07 especificada en el plano 10.110482.03.01 figura (1), cuyas dimensiones están especificadas en el plano 10.110482.02.01 figura (2).

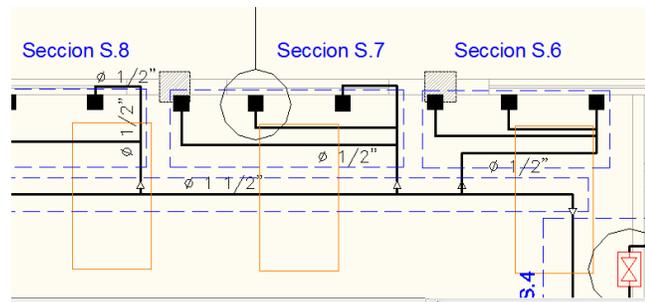


Fig.1. Gráfico de la sección

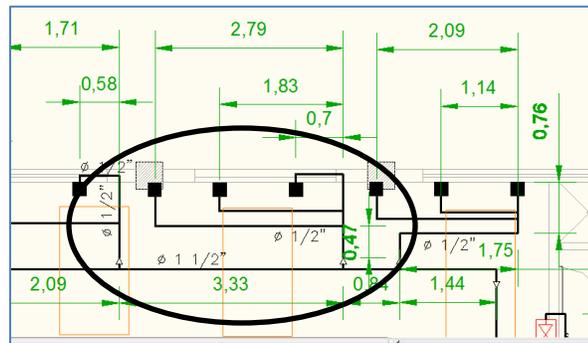


Fig.2. Gráfico de las dimensiones de la sección

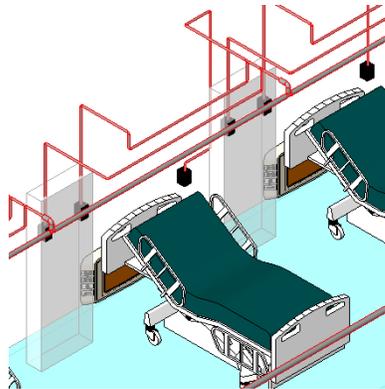


Fig.3. Gráfico isométrico de la sección

Con esto se tiene los siguientes datos:

- Consumo por cama: 60 l/min (2.1 scfm) (3.6 m³/h)
- Dimensión de la tubería en sección: Ø ½” (0.01384 m)
- Longitud total de tubería: 9.11 m.

El consumo por cama tiene un factor de uso de 0.6, lo que da un resultado de 2.16 m³/h.

La longitud que se considera para los cálculos es la total más la equivalente que es un 20% dando un valor de 10.15 m.

El aire en circulación estará a una temperatura promedio de 20 °C, dando como valores:

- Viscosidad cinemática (ν) = 1.51×10^{-5} (m²/s)
- Densidad ρ = 1.21 (kg/m³)

1.- Cálculo de velocidad con la aplicación de la ecuación 1.12.

$$V = \frac{Q}{A \times 3600}$$

$$Q = 2.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.00015 \text{ m}^2$$

$$V = 3.98 \text{ m/s}$$

2.- Cálculo de Número de Reynolds con ecuación 1.8.

$$Re = \frac{D * v}{\vartheta}$$

$$D = 0.01384 \text{ m}$$

$$V = 3.98 \text{ m/s}$$

$$\vartheta = 1.51 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mathbf{Re = 3654.71}$$

3.- No está específicamente en la zona turbulenta pero se acerca y se dirige a esa zona, por lo que se calcula el factor Darcy de rozamiento, con la ecuación de Haaland expresado en la tabla. 1-2

$$f = \frac{1}{\left(-1.8 \log \left(\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon}{3.7} \right)^{1.1} \right) \right)^2}$$

ε = Rugosidad del material, en este caso es cobre y su valor es de 0.0015 mm

$$D = 13.84 \text{ mm}$$

$$Re = 3654.71$$

$$\mathbf{f = 0.0416671}$$

4.- Cálculo de las pérdidas con la ecuación 1.7.

$$H_{Mayores} = \frac{f * L * v^2}{2g * D}$$

$$f = 0.0416671$$

$$L = 10.15 \text{ m}$$

$$V = 3.98 \text{ m/s}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$D = 0.01384 \text{ m}$$

$$\mathbf{H_{Mayores} = 26.68 \text{ m}}$$

5.- Cálculo de las pérdidas de presión con la ecuación 1.9.

$$\Delta P = H_L \times \rho \times g$$

$$H_L = H_{\text{Mayores}} = 26.68 \text{ m}$$

$$\rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta P = 316.38 \text{ Pas}$$

6.- Cálculo del volumen a evacuar, con la ecuación 1.15.

$$Vol = A_{\text{sec.tuberia}} * L_{\text{Equiv}}$$

$$A = 0.0001505 \text{ m}^2$$

$$L = 10.15 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 0.001645 \text{ (m}^3\text{) Volumen a evacuar}$$

El tiempo de evacuación se lo hace de forma general en toda la red, ya que el flujo de las bombas suelen ser grandes y los tiempos totales no son mayores a 1 o 2 minutos.

TABLAS

TABLA 2. Factores de multiplicación para la conversión de presiones

Conversión		Multiplicadores												
a ▶	de ▼	kp/cm ² (at)	mm Hg (Torr)	mm WS	mbar	bar	MPa	N/m ² (Pa)	kgf/cm ²	in water (in H ₂ O)	In Hg	lbf/in ² (psi)		
	kp/cm ² (at)	1,0	736	10 ⁴	980,665	0,9807	9,807·10 ⁻²	9,807·10 ⁴	1,03322	393,7	28,94	14,22		
	mm Hg (Torr)	1,36·10 ⁻³	1,0	13,6	1,33322	1,333·10 ⁻³	1,333·10 ⁻⁴	133,3	0,0013591	0,535	3,937·10 ⁻²	1,934·10 ⁻²		
	mm WS	10 ⁻⁴	7,36·10 ⁻²	1,0	0,09807	9,81·10 ⁻⁵	9,81·10 ⁻⁶	9,81	0,999·10 ⁻⁴	3,937·10 ⁻³	2,695·10 ⁻³	1,422·10 ⁻³		
	mbar	1,02·10 ⁻³	0,750062	10,197	1,0	0,001	10 ⁻⁴	100	0,0010197	0,401463	0,02953	0,014504		
	bar	1,0197	750,06	1,02·10 ⁴	10 ³	1,0	0,1	10 ⁵	1,0197	401,6	29,54	14,50		
	MPa	1,02	7500	1,02·10 ⁵	10 ⁴	10	1,0	10 ⁶	10,1967	4016	295,3	145		
	N/m ² (Pa)	1,02·10 ⁻⁵	7,5·10 ⁻³	0,102	10 ⁻²	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	1,0	1,019·10 ⁻⁵	4,016·10 ⁻³	2,953·10 ⁻⁴	1,45·10 ⁻⁴		
	kgf/cm ²	1,000278	735,559	10002,78	980,665	0,9807	9,807·10 ⁻²	98066,5	1,0	393,700	28,959	14,2233		
	in water	2,54·10 ⁻³	1,868	25,4	2,49089	2,49·10 ⁻³	2,49·10 ⁻⁴	249	0,00254	1,0	7,36·10 ⁻²	3,613·10 ⁻²		
	In Hg	3,455·10 ⁻²	25,4	345,4	33,8639	3,387·10 ⁻²	3,387·10 ⁻³	3387	0,034532	13,6	1,0	0,491		
	lbf/in ² (psi)	7,031·10 ⁻²	51,71	703,1	68,9476	6,895·10 ⁻²	6,895·10 ⁻³	6895	0,070307	27,68	2,035	1,0		

TABLE 3. Diagrama de MOODY

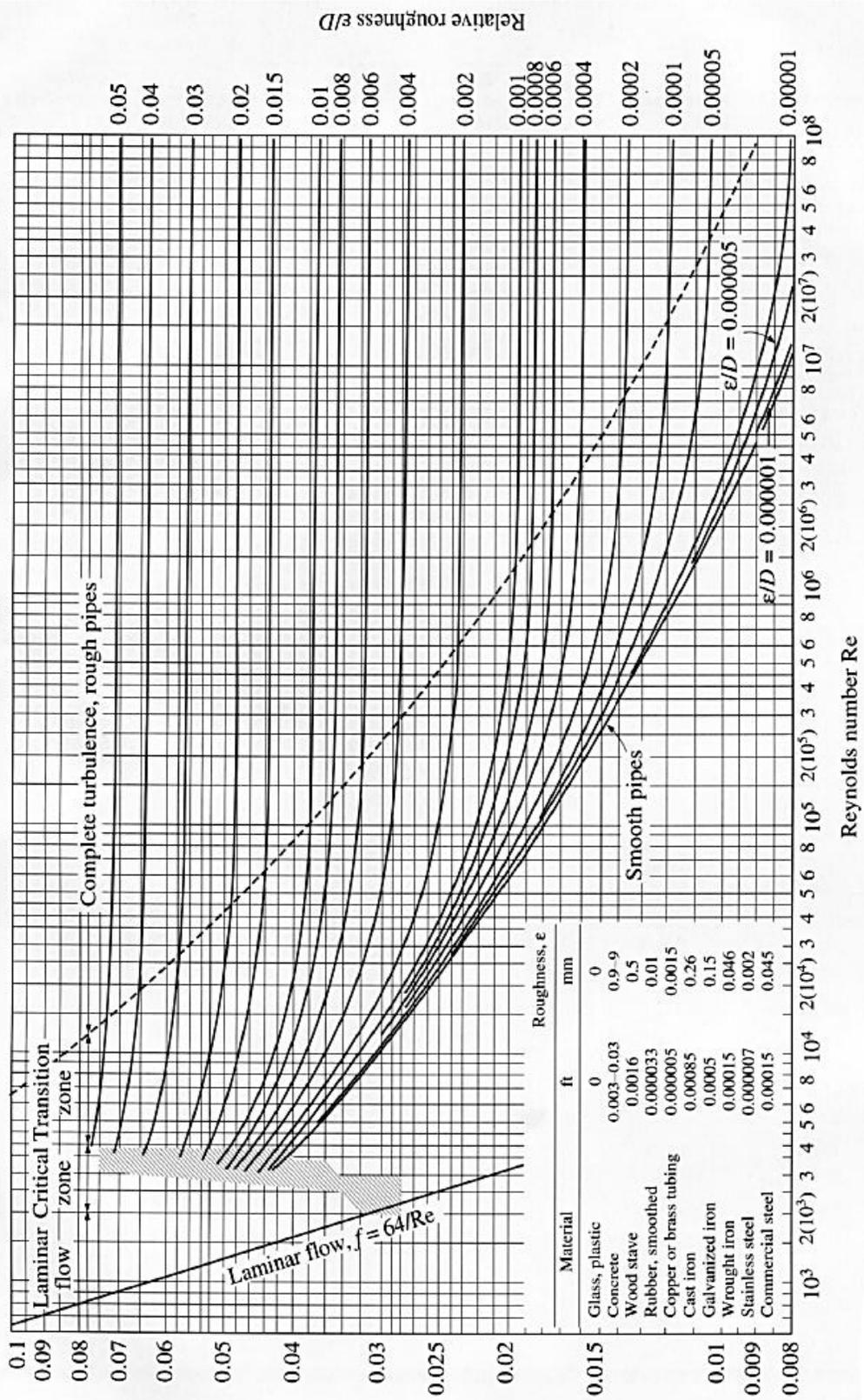


TABLA 4. Perdidas en accesorios

Clase de resistencia aislada	Diámetros nominales de las tuberías	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,16	1,25
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,58	1,80	1,92	2,40	3,00	3,90	4,20	4,80	5,40
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	0,70	0,80	0,90
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,65 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,26	2,89	3,46	4,53	5,51	6,89	8,80
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,80	11,1	13,7	17,1
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00
	contador general individual o divisorio	4,5 m.c.a. 10 m.c.a.									

TABLA 5. Densidades y viscosidad de diferentes fluidos

Densidades de algunas sustancias comunes a 1 atm (760 mm Hg)		
Sustancia	Temperatura °C	Densidad
Sólidos		g/cm^3 kg/m^3
Aluminio	20	2,7
Hierzo	20	1,6
Cobre	20	8,5
Vidrio	20	2,6
Granito	20	2,7
Hierro	20	7,7
Plomo	20	11,3
Acero	20	7,7
Agua (hielo)	0	0,917
Madera de arce	20	0,7
Líquidos		
Aire (líquido)	-183	1,14
Plasma sanguíneo	37	1,03
Sangre	37	1,05
Eanol (alcohol etílico)	20	0,791
Glicerina	0	1,26
Hidrógeno (líquido)	-253	0,07
Mercurio	0	13,6
Oxígeno (líquido)	-183	1,14
Triclorometano (cloroformo)	20	1,483
Agua pura	4	1,00
	30	0,996
	100	0,958
Agua del mar	15	1,025
Gases		
Aire	0	0,00130
	10	0,00125
	20	0,00120
	30	0,00116
	0	0,00178
Dióxido de carbono	0	0,00198
Helio	0	0,000178
Hidrógeno	0	0,0000899
Nitrógeno	0	0,00125
Oxígeno	0	0,00143
Agua (vapor)	100	0,000596

Viscosidad de algunos gases y líquidos comunes		
Fluido	Temperatura °C.	Viscosidad
		Poises ($\text{dina}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$, P) $(\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2, \text{ o PI})$
Líquidos		
Acetona	25	$3,16 \times 10^{-3}$
Plasma sanguíneo	37	$1,5 \times 10^{-2}$
Sangre	37	4×10^{-2}
Eanol	20	$1,20 \times 10^{-2}$
Eter	20	$2,33 \times 10^{-3}$
Glicerina	20	14,9
Mercurio	20	$1,55 \times 10^{-2}$
Acetate ligero de máquina	16	1,13
	38	0,34
Agua	0	$1,79 \times 10^{-2}$
	20	$1,00 \times 10^{-2}$
	37	$6,91 \times 10^{-3}$
	100	$2,82 \times 10^{-3}$
Gases		
Aire	0	$1,71 \times 10^{-4}$
	18	$1,83 \times 10^{-4}$
	40	$1,90 \times 10^{-4}$
Helio	20	$1,94 \times 10^{-4}$
Vapor de agua	100	$1,25 \times 10^{-4}$

Tensión superficial de algunos líquidos		
Fluido	Temperatura °C.	Tensión superficial N/m
Alcohol etílico	20	$2,23 \times 10^{-2}$
Acetate de olva	20	$3,20 \times 10^{-2}$
Glicerina	20	$6,31 \times 10^{-2}$
Agua	0	$7,56 \times 10^{-2}$
	20	$7,28 \times 10^{-2}$
	60	$6,62 \times 10^{-2}$
	100	$5,89 \times 10^{-2}$
Mercurio	20	0,465

OBSERVACIÓN: La densidad del agua a 4°C es exactamente de 1,00 g/cm^3 porque originalmente el gramo fue definido como la masa de un centímetro cúbico de agua pura a esta temperatura.

TABLA 6. Propiedades del Aire

(A) PROPIEDADES APROXIMADAS DE ALGUNOS GASES

Gas	Peso específico w a 20° C, 1 Atm. kg/m ³	Constante R del gas m ² /°K	Exponente adiabático k	Viscosidad cinemática ν a 20° C, 1 Atm. m ² /seg
Aire	1,2047	29,3	1,40	$1,488 \times 10^{-5}$
Amoniaco	0,7177	49,2	1,32	1,535
Anhidrido carbónico	1,8359	19,2	1,30	0,846
Metano	0,6664	53,0	1,32	1,795
Nitrógeno	1,1631	30,3	1,40	1,590
Oxígeno	1,3297	26,6	1,40	1,590
Anhidrido sulfuroso	2,7154	13,0	1,26	0,521

(B) ALGUNAS PROPIEDADES DEL AIRE A LA PRESION ATMOSFERICA

Temperatura °C	Densidad ρ UTM/m ³	Peso específico w kg/m ³	Viscosidad cinemática ν m ² /seg	Viscosidad dinámica μ kg seg/m ²
-20	0,1424	1,3955	$1,188 \times 10^{-5}$	$16,917 \times 10^{-7}$
-10	0,1370	1,3426	1,233	16,892
0	0,1319	1,2926	1,320	17,411
10	0,1273	1,2475	1,415	18,013
20	0,1229	1,2047	1,488	18,288
30	0,1188	1,1642	1,600	19,008
40	0,1150	1,1270	1,688	19,412
50	0,1115	1,0927	$1,769 \times 10^{-5}$	$19,724 \times 10^{-7}$

(C) PROPIEDADES MECANICAS DEL AGUA A LA PRESION ATMOSFERICA

Temp. °C	Densidad UTM/m ³	Peso específico kg/m ³	Viscosidad dinámica kg seg/m ²	Tensión superficial kg/m	Presión de vapor kg/cm ² (ab)	Módulo de elasticidad volumétrico kg/cm ²
0	101,96	999,87	$18,27 \times 10^{-5}$	0,00771	0,0056	20200
5	101,97	999,99	15,50	0,00764	0,0088	20900
10	101,95	999,73	13,34	0,00756	0,0120	21500
15	101,88	999,12	11,63	0,00751	0,0176	22000
20	101,79	998,23	10,25	0,00738	0,0239	22400
25	101,67	997,07	9,12	0,00735	0,0327	22800
30	101,53	995,68	8,17	0,00728	0,0439	23100
35	101,37	994,11	7,37	0,00718	0,0401	23200
40	101,18	992,25	6,69	0,00711	0,0780	23300
50	100,76	988,07	$5,60 \times 10^{-5}$	0,00693	0,1249	23400

TABLA 7. Constante de los gases, exponente adiabático y relación de presión crítica para los gases seleccionados.

Gas	Constante del gas R		k	Relación de presión crítica
	pie·lb	N·m		
	lb·°R	N·K		
Aire	53.3	29.2	1.40	0.528
Amoniaco	91.0	49.9	1.32	0.542
Dióxido de carbono	35.1	19.3	1.30	0.546
Gas natural (común, depende del gas)	79.1	43.4	1.27	0.551
Nitrógeno	55.2	30.3	1.41	0.527
Oxígeno	48.3	26.5	1.40	0.528
Propano	35.0	19.2	1.15	0.574
Refrigerante 12	12.6	6.91	1.13	0.578

TABLA 8. Presión barométrica a diferentes alturas

Meters	Altitude (sea level equals zero)		Barometric pressure, inHg	kPa
-3040	-10,000		31.00	104.5
- 152	- 500		30.50	102.8
0	0	Sea level	29.92	100.8
152	+ 500		29.39	99.0
304	1,000		28.87	97.3
456	1,500		28.33	95.5
608	2,000		27.82	93.7
760	2,500		27.31	92.0
912	3,000		26.81	90.3
1064	3,500		26.32	88.7
1216	4,000		25.85	87.1
1368	4,500		25.36	85.5
1520	5,000		24.90	83.9
1672	5,500		24.43	81.9
1824	6,000		23.98	80.8
1967	6,500		23.53	79.3
2128	7,000		23.10	77.8
2280	7,500		22.65	76.3
2432	8,000		22.22	74.9
2584	8,500		21.80	73.4
2736	9,000		21.39	72.1
2888	9,500		20.98	70.7
3040	10,000		20.58	69.3

ANEXOS

ANEXO 1

TUBERÍA DE COBRE NORMA ASTM 88-B

Copper Water and Gas Tube according ASTM B 88 - imperial units

Las dimensiones de los tubos de cobre según ASTM B88 Especificación estándar para tubos sin soldadura de cobre de agua o gas se pueden encontrar en la siguiente tabla.

Type L							
Nominal Size (inches)	Actual Outside Diameter (inches)		Tolerance on Outside Diameter (inches)		Wall Thickness (inches)		Weight (lb/ft)
			Annealed ¹⁾	Drawn ²⁾	Nominal	Tolerance	
1/4	3/8	0.375	0.002	0.001	0.030	0.003	0.126
3/8	1/2	0.500	0.0025	0.001	0.035	0.004	0.198
1/2	5/8	0.625	0.0025	0.001	0.040	0.004	0.285
5/8	3/4	0.750	0.0025	0.001	0.042	0.004	0.362
3/4	7/8	0.875	0.003	0.001	0.045	0.004	0.455
1	1 1/8	1.125	0.0035	0.0015	0.050	0.005	0.655
1 1/4	1 3/8	1.375	0.004	0.0015	0.055	0.006	0.884
1 1/2	1 5/8	1.625	0.0045	0.002	0.060	0.006	1.14
2	2 1/8	2.125	0.005	0.002	0.070	0.007	1.75
2 1/2	2 5/8	2.625	0.005	0.002	0.080	0.008	2.48
3	3 1/8	3.125	0.005	0.002	0.090	0.009	3.33
3 1/2	3 5/8	3.625	0.005	0.002	0.100	0.010	4.29
4	4 1/8	4.125	0.005	0.002	0.114	0.011	5.38
5	5 1/8	5.125	0.005	0.002	0.125	0.012	7.61
6	6 1/8	6.125	0.005	0.002	0.140	0.014	10.20

ANEXO 2

MANUAL DE INSTALACIÓN

Requerimientos de Norma NFPA 99 para instalación de redes

Los sistemas de suministro de gases medicinales consisten en una serie de redes de distribución y lazos de control que permiten el suministro, posible que los gases medicinales, lleguen al paciente con la misma calidad con la que es producido el mismo gas, los sistemas centralizados hacen mucho más seguras las acciones médicas, evitando el movimiento de cilindros en áreas críticas o pobladas.

- Las bombas deben descargar de manera y localización tal que se minimicen los riesgos de ruido y contaminación a la institución y su medio ambiente.
- La descarga debe estar localizada como sigue:
 - (1) En el exterior
 - (2) Por lo menos 3.05 m (10 ft) de cualquier puerta, ventana, succión de aire u otras aperturas en edificios.
 - (3) A un nivel diferente de tomas de aire.
 - (4) Donde no se dirija el flujo a áreas ocupadas a causa de vientos, edificios adyacentes, topografía u otros.
- El extremo del tubo de descarga debe girar hacia abajo y estar protegido con una malla u otro contra entrada de precipitación, mugre u otros. La malla debe estar fabricada de material que no se oxide.
- El tubo de descarga no debe tener curvas o bajos que puedan atrapar condensado o aceite. Cuando estos puntos sean inevitables, debe instalarse un codo para drenaje.2.55

Tubería

Elemento central de la red que permite conducir gases a la presión adecuada desde la central de suministro hasta el punto de consumo, dicha tubería debe quedar protegido de factores como la corrosión, congelamiento y/o altas temperaturas figura (4).

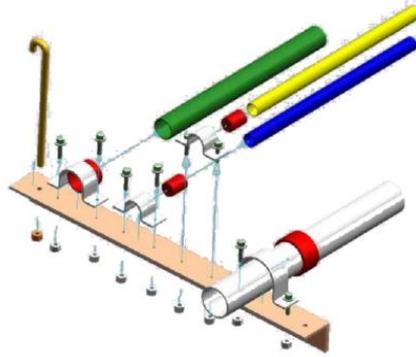


Fig.4. Descripción general de instalación¹

El sistema comprende una red principal subdividido en ramales que van a diferentes áreas, permitiendo una mejor distribución de presión en el sistema el cual trabajaría presiones entre 50 a 60 psi y permitiendo disminuir los diámetros de tubería en los ramales secundarios según la cantidad de puntos a alimentar, por norma los diámetros mínimos individuales para oxígeno, aire y óxido nitroso serían 1/2" y para sistema de vacío 1/2" (NFPA 99 5.1.10.6.1.2).

1. Debe haber sido limpiada para uso con oxígeno o gases previos a su instalación.
2. La tubería debe ser enviada al sitio de la instalación, con los extremos taponados luego de su limpieza
3. La tubería debe ser de cobre tipo L sin costura, excepto para presiones sobre 185 psig o de más de 3" de diámetro, donde deberá ser de tipo K
4. Toda conexión incluyendo cambios de dirección, conexiones en T, unión de tubos, extensiones, etc., deben realizarse usando los acoples correspondientes y su unión debe ser por soldadura autógena "brazing" usando el principio de capilaridad.
5. Se permiten las uniones roscadas en conexiones a presostatos, alarmas y equipos de suministro (manifolds, compresores, Bombas de vacío, etc.), estas deben ajustarse mediante teflón u otro aislante aprobado para uso con oxígeno o gases medicinales.

Las conexiones deben cumplir con:

- El arreglo de tuberías y conexiones deben permitir servicio y un suministro continuo de vacío aún en el evento de una falla individual.

¹ Fuente AGA. Ecuador

- El arreglo de tuberías debe permitir variaciones basadas en la tecnología utilizada con tal de que se mantenga el mismo nivel de redundancia operativa.
- Cuando esté disponible solo un juego de bombas de vacío tanto para aplicaciones de vacío médico quirúrgico y para aplicaciones de laboratorio, investigación, la tubería de esta última aplicación debe ir directamente al tanque, aislada y con su propia válvula y trampa. Entre esta válvula y la trampa de líquido se puede instalar un depurador.

Las descargas de las bombas deben cumplir con:

- Las bombas deben descargar de manera y localización tal que se minimicen los riesgos de ruido y contaminación a la institución y su medio ambiente.
- La descarga debe estar localizada como sigue:
 - En el exterior
 - Por lo menos 3.05 m (10 ft) de cualquier puerta, ventana, succión de aire u otras aperturas en edificios.
 - A un nivel diferente de tomas de aire.
 - Donde no se dirija el flujo a áreas ocupadas a causa de vientos, edificios adyacentes, topografía u otros.
 - El extremo del tubo de descarga debe girar hacia abajo y estar protegido con una malla u otro contra entrada de precipitación, mugre u otros. La malla debe estar fabricada de material que no se oxide.
 - El tubo de descarga debe ser de material apto.
 - El tubo de descarga no debe tener curvas o bajos que puedan atrapar condensado o aceite. Cuando estos puntos sean inevitables, debe instalarse un codo para drenaje.

Material de tubería

El material recomendado según normas internacionales NFPA 99 y CGA para la conducción de gases medicinales obedece a tener en cuenta factores como:

1. Presión
2. Corrosión

3. Temperatura
4. Presencia de humedad ó impurezas
5. Riesgos de incendio

Estas características las tiene la tubería de cobre tipo K y L sin costura rígida (NFPA 99 5.1.10.1.4), la tubería de cobre tipo L es utilizada hasta ciertos diámetros, a diferencia de la tipo K que permite ser instalada en todos sus diámetros.

Su instalación puede ir aparente ó empotrada, para conexión de accesorios soldados, en este caso se tiene previsto la instalación empotrada y por cielo raso falso.

Las tuberías de gases medicinales no podrán instalarse en ductos donde exista posibilidad de estar expuestas al contacto con aceite.

Es importante utilizar corta tubing y corta tubo afilado para evitar deformaciones y que las partículas de los cortes ingresen al interior del tubo, estas herramientas deben estar libres de grasa, aceite u otro componente que no sea compatible con el oxígeno. (Norma NFPA 99 5.1.10.5.2.1)

Las tuberías de gases medicinales irán identificadas con etiquetas en tramos no mayores de 6 mts. Igualmente deben ir identificadas en los tramos donde la tubería se deriva y como mínimo una calcomanía por habitación las cuales tengan el nombre del gas e indique la dirección y sentido de flujo y a su vez la tubería deberá ir pintada con el color que identifique el gas conducido. (NFPA 99 5.1.11.1)

Bajo ningún concepto las redes de tubería para gases medicinales deberán ser utilizadas como conexión a tierra.

Lavado de tubería

Antes de comenzar el montaje de cada tubo y accesorio estos deben ser limpiados en una solución alcalina en agua caliente “Carbonato de Sodio ó Fosfato Trisódico” (NFPA 5.1.10.5.3.10 Norma CGA 4.1) en nuestro caso recomendamos la solución Clean S9 (Biodegradable), luego deben ser sopladados con nitrógeno ó aire comprimido seco y libre de grasa para que desaparezcan las partículas del Clean S9.

Entre las características del Clean S9 tenemos:

1. Apariencia: líquido no viscoso, transparente, color azul
2. Olor: característico no desagradable

3. Punto de inflamación: no inflamable
4. Punto de ebullición: 100° C
5. Biodegradabilidad: completamente
6. Solubilidad: soluble en agua en todas proporciones
7. Propiedad anti corrosiva: retarda la acción corrosiva del agua
8. Estabilidad: hasta un año n condiciones normales de almacenamiento
9. Presentación: tambores metálicos de 20 – 60 y 208 lts.

Antes de su almacenaje sus extremos deben ser taponados para evitar el ingreso de partículas que puedan contaminar nuevamente la tubería.

Durante y después de la instalación se debe mantener la tubería presurizada en las áreas donde se puedan cerrar las válvulas y mantener la presión para evitar el ingreso de impurezas a la red. (NFPA 5.1.10.5.5.6)

Las purgas se deben realizar con nitrógeno seco libre de aceite, el cual previene el óxido de cobre en el interior de las superficies. (NFPA 5.1.10.5.5.1)

Soportes

Las redes que conducen gases medicinales horizontales ó verticales estarán soportadas adecuadamente por medio de ganchos figura (5), platinas o ángulos fabricados totalmente en aluminio las cuales reúnen las propiedades de resistencia y calidad necesaria acorde con los diámetros utilizados y la longitud de las tuberías.

Para evitar la humedad potencial y el contacto metal-metal entre el tubo y el soporte este tramo de tubería se puede aislar con plástico ó neopreno. (NFPA 99 5.1.10.6.4.4)

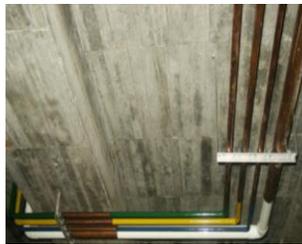


Fig.5. Formas de soportería1

En el capítulo uno se encuentra información adicional sobre este ítem en específico.

1 Fuente Hospital Carlos Andrade Marín

Accesorios

Los accesorios para tubería de cobre (de alto o bajo temple), serán de cobre tipo K fabricados especialmente para conexión soldada, para la limpieza de uniones no se debe utilizar lija. (NFPA 5.1.10.5.3.5)

El tipo de unión que debemos utilizar es de tipo Socket, uniones soldadas a 538°C de fusión (NFPA 5.1.10.5.1.1) figura (6)

La soldadura tipo socket se prepara rebajando con un agujero interior los extremos de la válvula, de diámetro ligeramente mayor que la tubería. La tubería entra en el rebaje y una vez posicionada se suelda. Las dimensiones de los rebajes interiores son en función de la tubería.

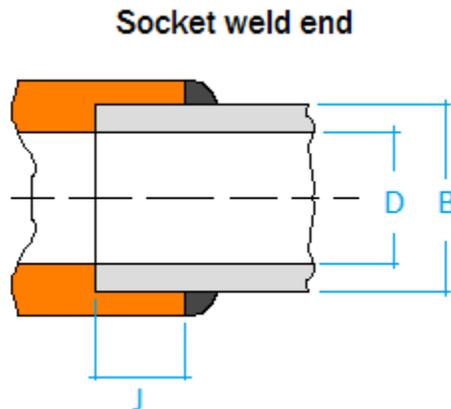


Fig.6. Esquematización de soldadura Socket¹

Los accesorios a utilizar como codos, reducciones, tees y cambios de dirección son sin costura, estos igual que la tubería deben tener una adecuada limpieza antes de ser instalados. (NFPA 5.1.10.5.3.1)

La norma abarca todos los gases medicinales como tales, nuestro enfoque va direccionado a obtener los ítems específicos para su aplicación en el vacío medicinal.

Pruebas redes gases medicinales

Se realizaran las pruebas necesarias para verificar y garantizar el buen funcionamiento del sistema de gases medicinales.

¹ <http://www.tubecraftflange.com/products/socketweld.htm>

1. **Barridos en la red**

Los barridos en las redes se realizan con aire y deben ser efectuados por sectores.

Esta se hace con el fin de retirar partículas que se hayan incorporado a la red en el momento de su instalación y puedan afectar el buen funcionamiento de la misma.

Al realizarse el primer barrido con aire el segundo debe ser realizado con un intervalo de tiempo de mínimo 5 minutos para terminar de arrastrar partículas restantes.

2. **Prueba de estanqueidad**

La prueba de presión o estanqueidad se realiza a una presión de 100 PSI, durante un tiempo de 24 horas con una caída de presión máxima del 5 %.

En caso contrario debe repetirse después de realizarse las correcciones necesarias al sistema.

3. **Prueba de detección de fugas**

Mediante la aplicación de agua Jabonosa se busca antes de realizar la prueba de presión detectar y corregir fugas de gas en el sistema.

Es posible que si la prueba de presión no brinda los resultados satisfactorios deba aplicarse la prueba de detección nuevamente para localizar las fallas del sistema.

Si mediante la aplicación de las pruebas y luego de realizar los ajustes requeridos no se obtienen resultados satisfactorios deberá hacerse el cambio de todos aquellos elementos (accesorios) que puedan presentar fallas.

4. **Prueba de gases cruzados**

La prueba de gases cruzados se realiza para verificar que en cada una de las líneas instaladas fluye únicamente un gas y que este es el indicado para dicha línea.

Debe repetirse hasta que se tenga la certeza de que no se tienen problemas de dualidad de gases en alguna de las líneas.

Mantenimiento de las instalaciones

Dependiendo de las instalaciones del Hospital y del acuerdo entre la Dirección, Ingeniería, Mantenimiento, Técnico Especialista y el Servicio de Farmacia (si se precisa), se definen los planes de mantenimiento de las instalaciones de gases considerando los siguientes consejos:

1. Verificación de estanqueidad en las fuentes de suministro, colectores y reguladores de presión de línea.
2. Comprobación del correcto funcionamiento de centrales descompresoras y dispositivos de conmutación de fuentes (primario, secundario y reserva).
3. Control y verificación de la presión del gas medicinal para que en la red y en las tomas de gases sea la correcta según la Norma NFPA 99.
4. Control de funcionamiento correcto del sistema eléctrico de forma trimestral, de fuerza y de control para evitar danos y paras innecesarias.
5. También debe realizarse de forma semestral o anual, la verificación de las tomas de gas medicinal en referencia a su señalización, funcionamiento y ausencia de fugas, de forma fija en las zonas de Quirófanos, UCI, urgencias, neonatos (áreas críticas) y de forma aleatoria en el resto de tomas.
6. Siempre se deben tener actualizados los planos de las instalaciones de gases medicinales, frente a cualquier ampliación o modificación, según la NFPA 99
7. Para las bombas de succión que son el corazón del funcionamiento del sistema existe su propio mantenimiento, se dan varios parámetros de consideración en la siguiente gráfica:

Fases de control para bombas de vacío

Horas de servicio (h)	Preventivo de Bombas
24	Verificar nivel de aceite y preponer si procede Comprobar sistema de lubricacion Purgar puntos de drenaje de condensados
150	Limpieza interna del nucleo de la maquina, mantenimeinto preventivo
1000	Verificacion y limpieza si procede en el filtro de aspiracion
2000	Verificar el funcionamiento de las valvulas de retencion y seguridad. Comprobar la alineacion de los acoplamientos Verificar el desgaste de las laminas
3000	Limpiar el filtro del deposito de aceite Verificar el funcionamiento de los elementos de seguridad y control
4000	Verificar y sustituir si procede los elementos filtrantes de aspiracion Comprobar sistema de refrigeracion
10000	Desmontaje parcial o total de la maquina si procede Verificar el estado de rodamientos y retenes Verificar la supserficie interna del alesaje del estator Comprobar la limpieza y paralelismo de la ranuras del rotor. Verificar el estado de los elementos de transmision Comprobar el desgaste de las laminas

ANEXO 3

Datos técnicos regulador de succión



Technology for a Better Future

Home	About Us	Products	Literatures	News & Events	Recruitment	Contact Us	Our Clients	Distributor Supports
------	----------	----------	-------------	---------------	-------------	------------	-------------	----------------------

Gentec Home > Products > Medical Products > Suction Therapy Devices > Suction Regulators > Suction Regulators



Suction Regulators

GENTEC suction regulators are available in continuously (882 Series) and continuous-intermittent (881 Series) versions.

Both versions include a color-coded, 2-1/2" diameter gauge with glow-in-the dark scale and arrow. The numbers are large and easy to read. A large mode selector switch on top and a 1-1/4" diameter adjustment knob make the regulator very user-friendly.

Continuous-only regulators are available in 0-300 mmHg and 0-760 mmHg ranges, with REG (regulated), OFF, and FULL (full line, unregulated) settings.

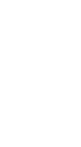
Continuous-intermittent regulators are available in 0-160 mmHg and 0-300 mmHg ranges, with CONT (continuous, regulated), OFF, and INT (intermittent, regulated) settings.

Factory default settings for on/off cycles on the 881 Series is 16 seconds (±2) on, 8 seconds (±2) off. On/off settings can be adjusted without opening the case, yet the controls are not accessible without the use of tools.

All suction regulators can be ordered with a variety of inlet and outlet fittings, including the 880VT suction trap assembly, which is also available individually.

Please refer the ordering information on the back side of the page, or contact your GENTEC distributor for assistance with selecting your new GENTEC suction regulators.

All GENTEC medical products are backed by our standard 5-year warranty (see warranty statement for details).

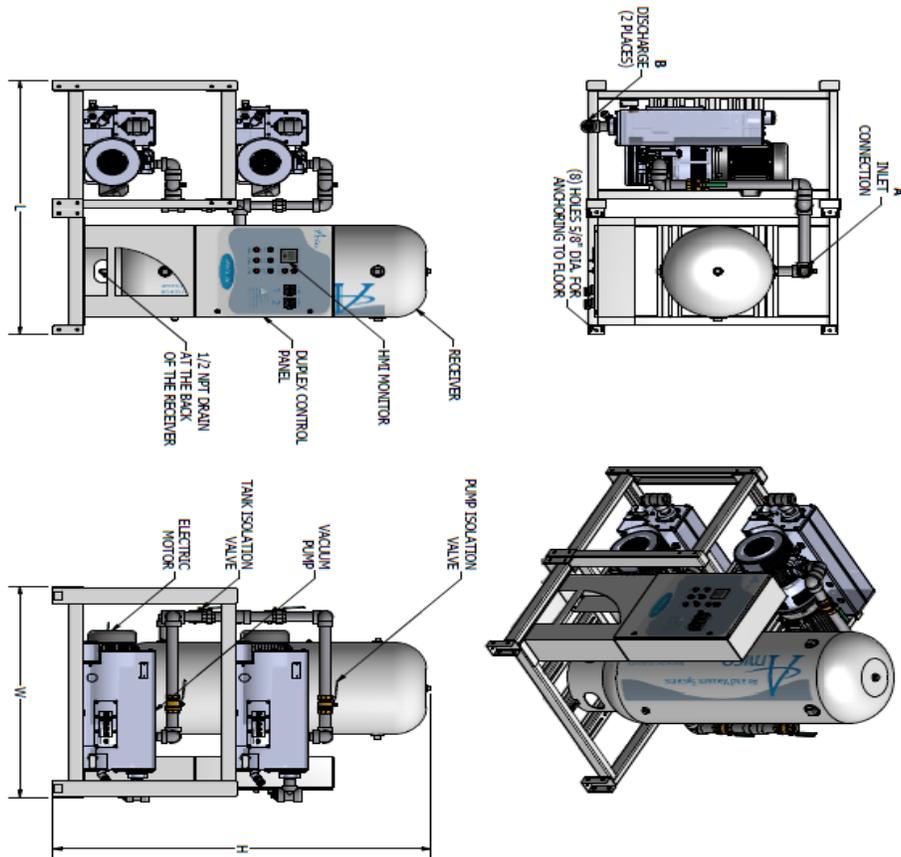
	881VR Series Continuous / Intermittent				882VR Series Continuous-only		
Clockwise	 881VR-160 pediatric	 881VR-200	 881VR-300 adult	 882VR-160 pediatric	 882VR-200	 882VR-300 adult	 882VR-760 surgical
Counter-Clockwise	 881VR-160E pediatric		 881VR-300E adult	 882VR-160E pediatric		 882VR-300E adult	 882VR-760E surgical
Mode Selection:							
OFF	√	√	√	√	√	√	√
CONT	√	√	√	√	√	√	√
INT	√	√	√	X	X	X	X
FULL	X	X	X	X	√	√	√
Regulated Vacuum Range	0~160mmHg	0~200mmHg	0~300mmHg	0~160mmHg	0~200mmHg	0~300mmHg	0~760mmHg
Gauge Display Range	0~160mmHg	0~200mmHg	0~300mmHg	0~160mmHg	0~200mmHg	0~300mmHg	0~760mmHg
Gauge Accuracy	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Flow Rate	>50 l/min (CONT) 7-9 l/min (INT)	>55 l/min (CONT) 7-9 l/min (INT)	>60 l/min (CONT) 7-9 l/min (INT)	>50 l/min	>55 l/min	>60 l/min	>70 l/min
Weight	17.6 oz. / 0.5 Kg			14 oz. / 0.5 Kg			
Dimensions	6.3" H x 3.15" W x 3.94" D / 16 x 8 x 10 cm			6.3" H x 3.15" W x 3.94" D / 16 x 8 x 10 cm			

ANEXO 4

Especificaciones del sistema de vacío centralizado de AMICO

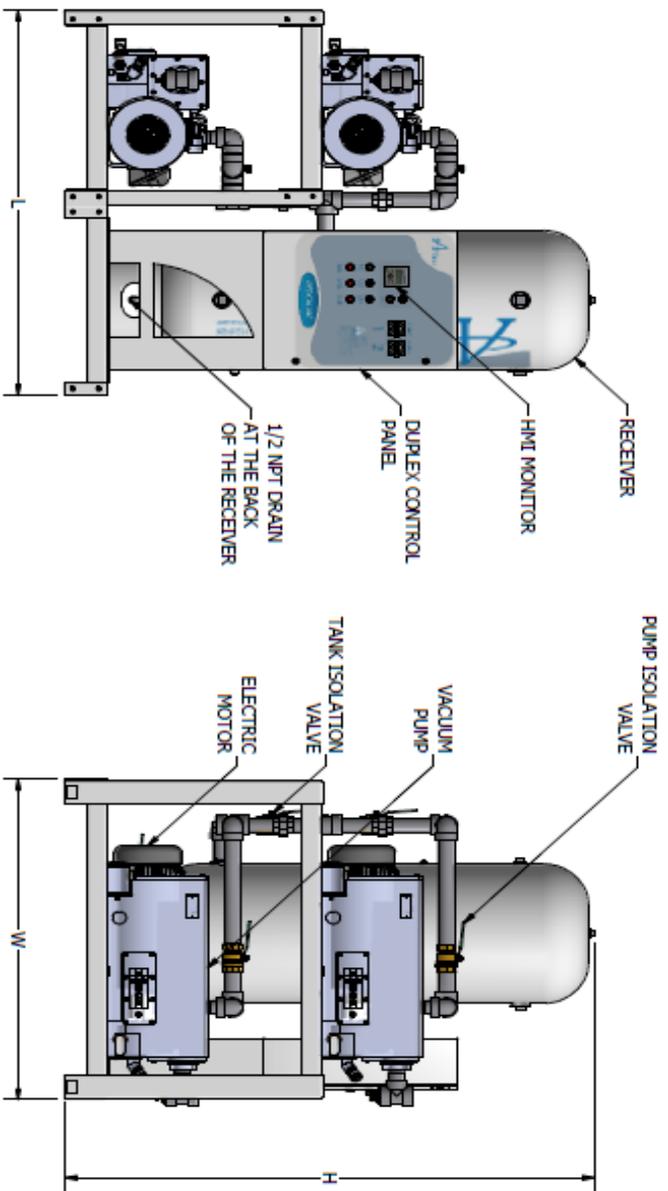
Paletas rotativas - PILA DUPLEX LUBRICADA MONTADO sistema de vacío

ROTARY VANE - LUBRICATED DUPLEX STACK MOUNTED VACUUM SYSTEM (5.1 HP - 10.0 HP)



APPROVAL SIGNATURE _____

DATE _____



DATE

APPROVAL SIGNATURE

MODEL	HP (kW)	A INLET NPT	B OUTLET NPT	TANK SIZE GALLON (LITRE)	PUMP SCRM @ 19" HG (LPM)		NFPA SYSTEM CAPACITIES WITH ONE PUMP ON STANDBY @ 19" HG (LPM)		WEIGHT IN LBS (KG)	SQ. FT. REQUIRED (M ²)	SYSTEM P.A. (WITH ALL PUMPS RUNNING)				SYSTEM BTU/HR	SOUND LEVEL DB (A)	L (mm)	W (mm)	H (mm)	
					50Hz Motor	60Hz Motor	50Hz Motor	60Hz Motor			208V	230V	380V	460V						575V
V-RVL-D-120P-SS-N-051	5.1 (3.80)	1.25	1.25	1206 (529)	21.6 (612)	26 (736)	21.6 (612)	26 (736)	1265 (575 KG)	26.1 (2.41 M)	35	31	17	16	12	7,635	83	67 (1702)	56 (1422)	83 (2108)
V-RVL-D-120P-SS-N-052	5.2 (3.88)	2	2	1206 (529)	30.8 (872)	37 (1048)	30.8 (872)	37 (1048)	1600 (727 KG)	26.1 (2.41 M)	35	31	17	16	12	7,635	83	67 (1702)	56 (1422)	83 (2108)
V-RVL-D-200P-SS-N-052	5.2 (3.88)	2	2	2006 (881)	30.8 (872)	37 (1048)	30.8 (872)	37 (1048)	1800 (818 KG)	26.1 (2.41 M)	35	31	17	16	12	7,635	83	67 (1702)	56 (1422)	88 (2235)
V-RVL-D-120P-SS-N-075	7.5 (5.60)	2	2	1206 (529)	43.3 (1226)	52 (1472)	43.3 (1226)	52 (1472)	1750 (795 KG)	26.1 (2.41 M)	48.4	44	27	22	18	12,725	84	67 (1702)	56 (1422)	83 (2108)
V-RVL-D-200P-SS-N-075	7.5 (5.60)	2	2	2006 (881)	43.3 (1226)	52 (1472)	43.3 (1226)	52 (1472)	2000 (909 KG)	26.1 (2.41 M)	48.4	44	27	22	18	12,725	84	67 (1702)	56 (1422)	88 (2235)
V-RVL-D-120P-SS-N-100	10 (7.46)	2	2	1206 (529)	54.2 (1535)	65 (1841)	54.2 (1535)	65 (1841)	1800 (818 KG)	26.1 (2.41 M)	62	56	34	28	22	25,450	86	67 (1702)	56 (1422)	83 (2108)
V-RVL-D-200P-SS-N-100	10 (7.46)	2	2	2006 (881)	54.2 (1535)	65 (1841)	54.2 (1535)	65 (1841)	2000 (909 KG)	26.1 (2.41 M)	62	56	34	28	22	25,450	86	67 (1702)	56 (1422)	88 (2235)

El sistema de control es U.L. etiquetados, permite la secuenciación de avance / retardo automático y automático alternancia de las bombas sobre la base de principio first-on/first-off con la disposición para el funcionamiento simultáneo, si es necesario.

Características del panel de control¹:

- NEMA 12 de control de caja del panel.
- Motor completo de arranque de voltaje será UL 508 E arrancadores combinados auto protegidos, con protección de la sobrecarga y los operadores externos.
- Puerta interruptor de desconexión de enclavamiento.
- 90 dB timbre de alarma.
- Indicador visible de "encendido" y "bomba en marcha" para cada bomba.
- Dos transformadores de control con interruptor de circuito secundario.
- Manual / OFF Selector automático (cada bomba).
- Transductor y controles basados en IDT.
- La IDT muestra digitalmente la temperatura de funcionamiento de cada puerto de descarga y será campo establece de la tabla de parámetros de funcionamiento del fabricante estándar.
- La calibración del transductor de presión se puede ajustar para un transductor no estándar que puede ser utilizado.

Controles de pantalla con una pantalla mínima de 5.7". Visores y las funciones de la pantalla son:

- Sistema operativo Windows CE 5.0.
- Conectividad Ethernet integrada con páginas web para la monitorización remota, multi-nivel protegido por contraseña para el ajuste a distancia de todos los parámetros de funcionamiento.
- Notificaciones electrónicas de las alarmas y advertencias.
- La capacidad de ampliación de comunicación para hablar en cinco Redes / Protocolos.

¹ www.amico.com/sources/pdf.

- Alertas de servicio, tiempo de ejecución para cada bomba, estado del sistema, el nivel de vacío del sistema todos serán representados.
- Indicaciones visuales / audibles con contactos libres de tensión aislados para todas las alarmas.
- Evento grabación del registro de alarmas y la actividad del sistema.
- Evento grabación del registro de avisos de servicio y servicio de la historia.
- Los gráficos de tendencias para todos los niveles de vacío, las operaciones de bombeo, y la temperatura ambiente.
- Configuración ajustable para acomodar las necesidades del usuario.

ANEXO 5

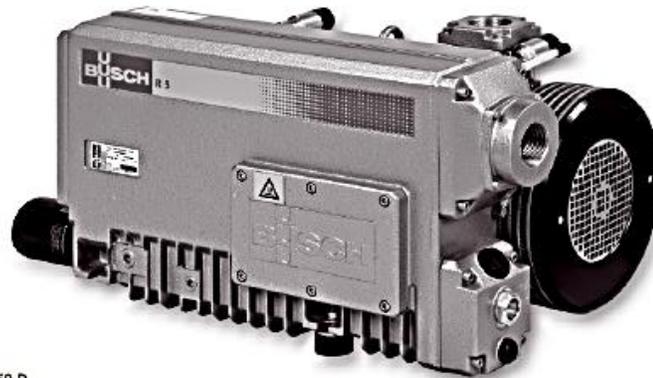
Especificaciones de las bombas BUSCH de vacío

Bombas de vácuo rotativas de palhetas
Bombas de vacío rotativas de paletas
Rotary vane vacuum pumps



R 5 0160 - 0302 D

R 5 0400 - 0630 B



R 5 0160 D

As bombas de vácuo da série R 5 existem em dimensões adequadas às aplicações, tomando-as adaptáveis de forma otimizada às necessidades. A completa série da R 5 é concebida para funcionamento contínuo e se consagrou há anos em inúmeras aplicações.

Confiável

em função de sua construção robusta, com o consagrado princípio de palhetas rotativas e pelo elevado nível qualitativo. O motor standard flangeado permite um acionamento direto na bomba. Uma válvula de retenção intermitente na entrada da conexão impede a ventilação do recipiente em cima da bomba de vácuo ao se desligar a mesma.

Fácil manutenção

em função de sua construção compacta que permite um acesso simples às áreas de serviço. Fora nos intervalos usuais, não está prevista outra manutenção.

Desarrolladas para responder de forma óptima a las exigencias de cada diente, las bombas de vacío de la serie R5 están disponibles en diferentes modelos. La gama de productos R5 está diseñada para servicio contínuo en usos industriales y está adaptada a numerosas aplicaciones

Fiable

Gracias a una construcción robusta, respaldada por una tecnología a toda prueba y un control de calidad riguroso, se asegura un alto grado de calidad de este producto. El accionamiento directo por medio de un motor estándar y la válvula antirretorno optimizada que evita pérdidas de vacío en el sistema con la bomba parada, garantizan una alta fiabilidad de funcionamiento.

Fácil de manejar

Su diseño compacto, refrigeración por aire y fácil acceso, permiten un mantenimiento rápido y simple; solo se requiere el cambio rutinario de aceite y filtros.

The various designs and ultimate pressures of R 5 type vacuum pumps for any process.

R 5 type vacuum pumps are designed for continuous operation in industry and have been successfully used for many years in various applications.

Reliable

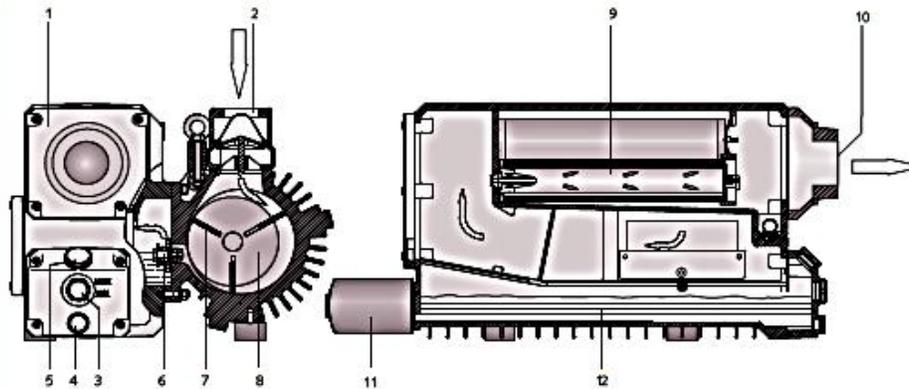
High quality materials and computerised manufacturing processes ensure high standards of quality in the product. Direct drive by a standard motor. The inlet flange with integrated check valve prevents air admittance into the vacuum chamber.

Easy to service

Compact design, air cooling and easy access allows rapid and simple servicing with long periods between services. No preventative maintenance apart from routine oil changes is required.

Bombas de vácuo rotativas de palhetas
Bombas de vacío rotativas de paletas
Rotary vane vacuum pumps

Princípio de funcionamento
 Principio de funcionamiento
 Principle of operation



- 1 Separador de neblina de óleo
- 2 Flange de entrada
- 3 Visor de óleo
- 4 Plugue de dreño do óleo
- 5 Plugue de entrada do óleo
- 6 Válvula de descarga
- 7 Palheta
- 8 Rotor
- 9 Filtro de saída
- 10 Tapa de saída
- 11 Filtro de óleo
- 12 Reservatório de óleo

- 1 Separador de neblina de aceite
- 2 Brida de aspiración
- 3 Mirilla de aceite
- 4 Tapón de vaciado de aceite
- 5 Tapón de llenado de aceite
- 6 Válvula de escape
- 7 Paleta
- 8 Rotor
- 9 Filtro de escape
- 10 Tapa de escape
- 11 Filtro de aceite
- 12 Cáster de aceite

- 1 Oil mist eliminator
- 2 Inlet flange
- 3 Oil sight glass
- 4 Oil drain plug
- 5 Oil fill plug
- 6 Exhaust valve
- 7 Vane
- 8 Rotor
- 9 Exhaust filter
- 10 Exhaust cover plate
- 11 Oil filter
- 12 Oil sump

Princípio de funcionamento e de operação

A bomba de vácuo trabalha sob o princípio das palhetas rotativas. Um rotor (8) posicionado de forma excêntrica gira dentro da carcaça. A força centrífuga pressiona as palhetas (7) em movimento dentro das ranhuras do rotor, contra as paredes da carcaça. As palhetas dividem o espaço entre a carcaça e o rotor em câmaras em forma de arco. Quando as câmaras são conectadas ao flange de entrada, o gás é aspirado e mediante novas rotações comprimido para depois ser expelido para o separador de óleo. A diferença de pressão provoca continuamente a entrada de óleo nas câmaras. O óleo existente na carcaça é expelido para o separador em forma de vapor juntamente com o ar aspirado. Estando dentro do separador ambos seguem para o filtro de saída (9), o qual, por sua vez, condensa o óleo com a ajuda da força gravitacional devolvendo-o para a recirculação e expelindo para a saída somente o ar.

Principio de funcionamiento

Estas bombas trabajan de acuerdo con el principio de paletas rotativas. Un rotor excéntrico (8) gira en el interior del cilindro. La fuerza centrífuga empuja las paletas (7), las cuales se deslizan en las ranuras del rotor, contra la pared del cilindro. Las paletas separan el espacio entre el rotor y el cilindro en tres cámaras de volumen variable. Cuando las cámaras coinciden con la boca de aspiración, el gas es aspirado, se comprime en la siguiente fase y la mezcla de gas y aceite es expulsada, a través de la válvula de escape (6), hacia el separador de neblina de aceite (1) donde se produce la separación del mismo por gravedad y por los filtros de escape. El aceite se acumula en el fondo del cárter (12) y, por diferencia de presión, es inyectado de nuevo en las cámaras de compresión donde se repite el ciclo (Principio de recirculación).

Principle of operation

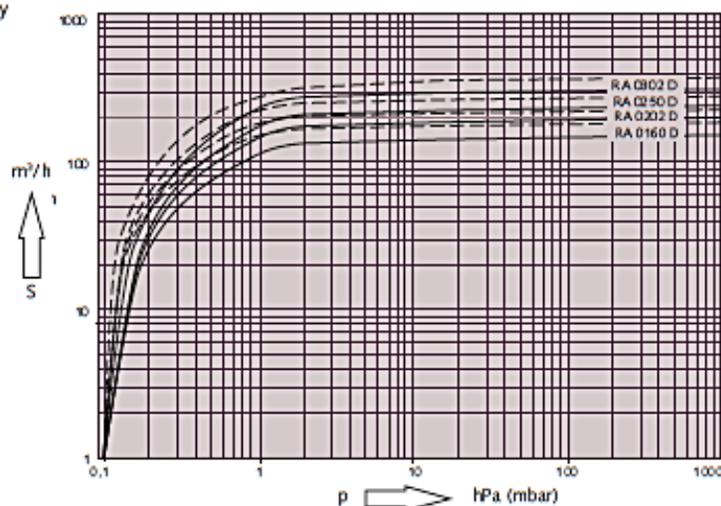
These vacuum pumps work according to the rotary vane principle. An eccentrically installed rotor (8) rotates in the cylinder. The centrifugal force of the rotation pushes the vanes (7), which glide in slots in the rotor, towards the cylinder wall. The vanes separate the sickle-shaped space between rotor and cylinder into chambers. When the chambers are connected with the inlet channel, gas is sucked in, compressed by the next rotation and pushed into the oil separator. Differential pressure constantly causes oil to be passed into the compression chambers. The oil and medium are then discharged into the oil separator and there separated from the exhaust air by gravity and the exhaust filters (9). Oil collects on the bottom of the oil separator and is passed into the compression chamber again (oil circulation).

Dados técnicos R 5 0160 - 0302 D

Características técnicas

Technical data

Capacidade de aspiração
Capacidad de aspiración
Suction capacity

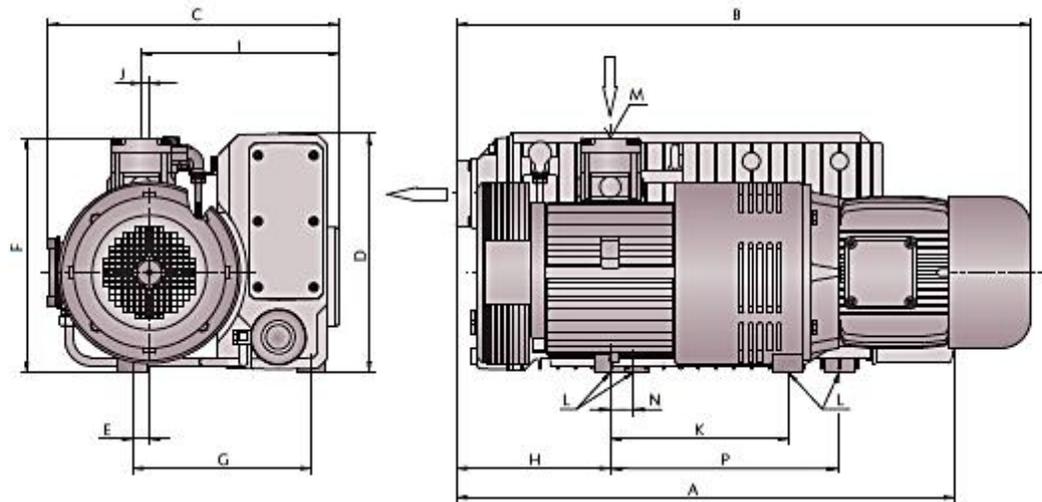


— 50 Hz
- - - 60 Hz

As curvas do gráfico valem para ar a 20°C. Tolerância: ± 10%
Las curvas están calculadas para aire a 20°C. Tolerancia: ± 10%
The displacement curves are valid for air at 20 °C. Tolerance: ± 10%

Dados técnicos Características técnicas Technical data		R 5 0160 D	R 5 0202 D	R 5 0250 D	R 5 0302 D
Capacidade nominal Caudal nominal Nominal displacement	50 Hz m³/h 60 Hz m³/h	160 190	200 240	250 300	300 360
Vácuo final Presión final Ultimate pressure	RA hPa (mbar)	0,1	0,1	0,1	0,1
Potência nominal do motor Potencia nominal del motor Nominal motor rating	50 Hz kW 60 Hz kW	4 5,5	4 5,5	5,5 7,5	5,5 7,5
Rotação nominal do motor Velocidad nominal de rotación Nominal motor speed	50 Hz min⁻¹ 60 Hz min⁻¹	1500 1800	1500 1800	1500 1800	1500 1800
Nível sonoro (DIN EN ISO 2151) Nivel sonoro (DIN EN ISO 2151) Sound level (DIN EN ISO 2151)	50 Hz dB(A) 60 Hz dB(A)	70 72	72 74	72 74	74 76
Capacidade de vapor de água Capacidad de vapor de agua Water vapour capacity	50 Hz kg/h 60 Hz kg/h	2,5 2,8	4 4,6	4,5 5	5 5,8
Temperatura operacional Temperatura de trabajo Operating temperature	50 Hz °C 60 Hz °C	64 66	71 78	80 81	82 85
Quantidade de óleo Capacidad de aceite Oil filling	l	5	5	6,5	6,5
Peso aprox. Peso aproximado Weight approx.	kg	140	140	190	190

Dimensões
Dimensiones
Dimensions



Dimensões Dimensiones Dimensions	mm	A	B*	C*	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P
R 5 0160 D	50 Hz	856	858	503	410	29	400	305	223	337	14	243	3 x M10	G2	40	-
R 5 0160 D	60 Hz	856	881	513	410	29	400	305	223	337	14	263	3 x M10	G2	40	-
R 5 0202 D	50 Hz	856	858	501	410	31	400	305	223	337	16	243	4 x M10	G2	40	430
R 5 0202 D	60 Hz	856	881	511	410	31	400	305	223	337	16	263	4 x M10	G2	40	430
R 5 0250 D	50 Hz	856	966	575	410	29	400	350	263	382	14	303	3 x M10	G2	-	-
R 5 0250 D	60 Hz	856	999	558	410	29	400	350	263	382	14	303	3 x M10	G2	-	-
R 5 0302 D	50 Hz	856	1024	573	410	31	400	350	263	382	16	303	4 x M10	G2	-	390
R 5 0302 D	60 Hz	856	1021	578	410	31	400	350	263	382	16	303	4 x M10	G2	-	390

- * B, C são baseadas em motor standard
- * B, C son definidas con motores estándar
- * B, C are defined with standard motors

Las bombas constan de las siguientes características:

- Bomba de vacío debe ser un tipo de paleta rotativa con cierre de aceite con un diseño refrigerado por aire.
- El diseño multi-paleta equilibrado dinámicamente.
- La cantidad de sonido generado por la bomba será de 76 dB
- Sistema de dos bombas de uso alternado, compuestas de 4 vanos rotativos rectos sin asbestos y deslizantes con sistemas de lubricación automáticos.
- Los cojinetes deben ser lubricados y sellados permanentemente
- La condensación del vapor de agua en el cilindro será impedido por medio de una válvula de lastre de gas automático
- El par se transmite desde el motor a la bomba a través de un acoplamiento de eje
- Cada bomba de vacío se viene de fábrica con la flexión del conector integral, la válvula de aislamiento y la válvula de retención
- Cada bomba debe tener una válvula check incorporada montado en la entrada de la bomba.
- El sistema también debe tener un medio de eliminación de la bomba de vacío para el servicio o el reemplazo sin interrupción al sistema.
- Tuberías de cobre tipo “L” de 2” de diámetro para la succión y la descarga, anti vibradores de acero inoxidable, válvulas check y filtros.

ANEXO 6

Fotografías del levantamiento de Sección Terapia Intensiva HCAM



FOTO 01. “By pass” a la succión de las bombas de vacío.¹



FOTO 02. Dimensión de tubería de cobre a la succión.²

² Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.



FOTO 03. Anclaje de agarradera con perno de aluminio.¹



FOTO 04. Bifurcación de línea a sección norte y sur de terapia intensiva.²

² Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.

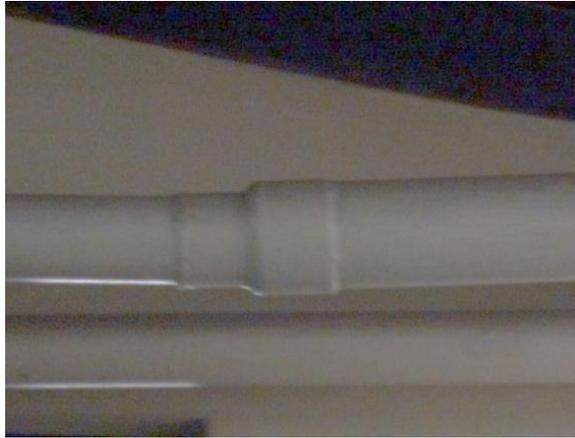


FOTO 05. Aumento de diámetro de tubería de sección sur.¹



FOTO 06. Reducción de diámetro de tubería de sección sur.²



FOTO 07. Línea troncal de vacío.³

¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Cuarto de bombas.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

³ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.



FOTO 08. Caja de corte.¹



FOTO 09. Conjunto da alarmas integradas CHEMETRON.²

¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.



FOTO 10. Tipos de conexión de tubería de cobre de 1/2" a tomas de pared.¹

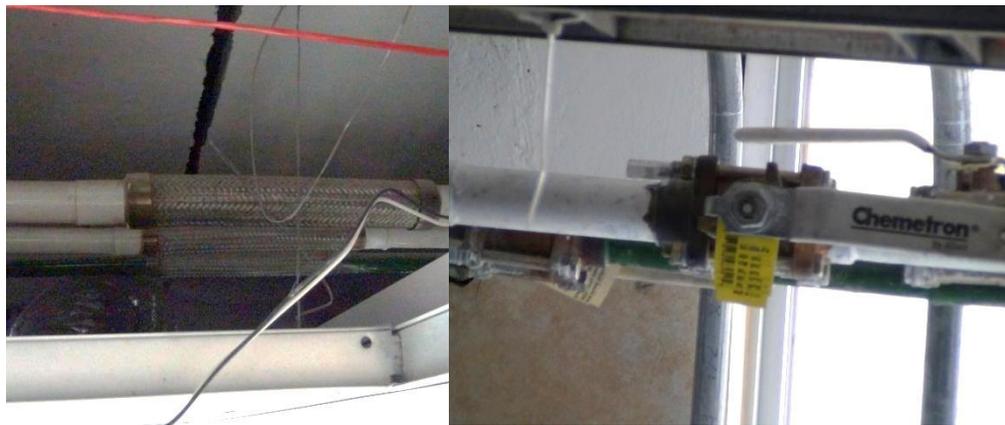


FOTO 11. Junta expandible y válvula de seccionamiento.²



¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

FOTO 12. Soporte aéreo de tuberías.¹



FOTO 13. Sección para un paciente en terapia intensiva.²



FOTO 14. Tipos de toma de pared para vacío.¹

¹. Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.



FOTO 15. Equipo de drenaje de fluido de pacientes.²

¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.



FOTO 16. Conjunto armado y listo para succión.¹

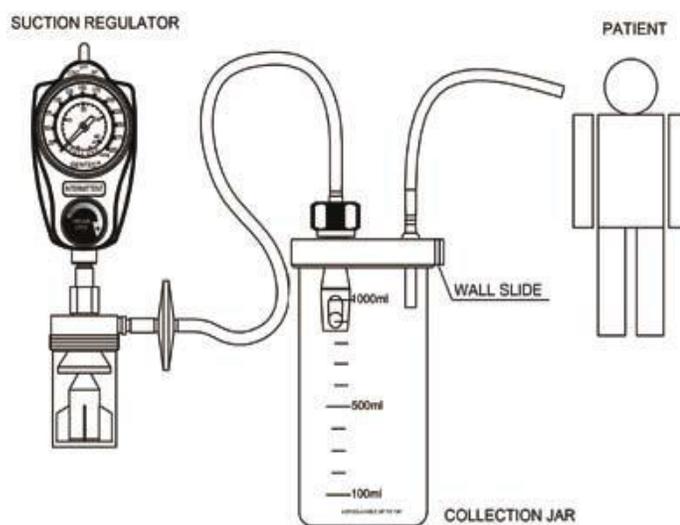


FOTO 17. Diagrama de accesorios para uso en terapia intensiva.¹

¹ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.



FOTO 18. Línea troncal de vacío sección norte.²



FOTO 19. Línea secundaria de vacío con conexión a tomas de pared sección norte.³

¹ www.secondarymedicalproducts.com/suction_traps_canisters/pdf

² Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

³ Hospital Carlos Andrade Marín, Instalación de terapia intensiva.

ANEXO 7

Datos técnicos sobre filtros HEPA

El filtro HEPA combina un rendimiento de filtración hidrófoba avanzada con una eficaz eliminación de humedad expulsada por los pacientes.

- Un control de la humidificación adecuada es vital para mantener la vía respiratoria sin impurezas.
- Una filtración eficaz es decisiva para prevenir la contaminación cruzada entre pacientes, personal de asistencia y equipamiento

El HEPA combina estas dos características en un bajo espacio muerto y un filtro HME ligero, convirtiéndose en una solución óptima para la prevención de infecciones.

La eficacia de protección microbiana del filtro HEPA se ha testado en distintos laboratorios independientes, concluyendo que la membrana del filtro mecánico hidrófobo plisado proporciona la máxima protección posible: >99,99999 %. También se ha validado frente a diversos microbios, por ejemplo, frente a la tuberculosis micobacteriana, la hepatitis C y el VIH, entre otros. Según el estándar de filtros CEN, el filtro HEPA ha recibido la clasificación HEPA 13 (Anexo 10), la más alta para filtros de sistemas de aire respirable plisados de uso hospitalario.

		
REF.	29 001 (estéril) 29 002 (limpio)	29 001T (estéril) 29 002T (limpio)
BAJO ESPACIO MUERTO	81 ml	81 ml
PESO	53 g	53 g
CONECTORES	22M / 15F – 22F / 15M	22M / 15F – 22F / 15M
SISTEMA DE FILTROS	Papel de fibra de vidrio mecánico hidrófobo	Papel de fibra de vidrio mecánico hidrófobo
SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN	Papel de microporos higroscópico	Papel de microporos higroscópico
VOLUMEN DE VENTILACIÓN PULMONAR	300 – 1200	300 – 1200
RESISTENCIA AL FLUJO	en 30 l/min., 1,1 cm H ₂ O en 60 l/min., 2,6 cm H ₂ O	en 30 l/min., 1,1 cm H ₂ O en 60 l/min., 2,6 cm H ₂ O
PÉRDIDA DE HUMEDAD	6,7 mg H ₂ O en V _T 500 6,6 mg H ₂ O en V _T 1000	6,7 mg H ₂ O en V _T 500 6,6 mg H ₂ O en V _T 1000
ENTRADA DE HUMEDAD	30,3 mg H ₂ O en V _T 500 31,8 mg H ₂ O en V _T 1000	30,3 mg H ₂ O en V _T 500 31,8 mg H ₂ O en V _T 1000
TEMPERATURA	33,8 °C en V _T 500 35,0 °C en V _T 1000	33,8 °C en V _T 500 35,0 °C en V _T 1000
EFICACIA BACTERIANA	> 99,99999 %	> 99,99999 %
EFICACIA VIRAL	> 99,9999 %	> 99,9999 %
EFICACIA DEL SISTEMA DE FILTROS FRENTE A LA TUBERCULOSIS MICOBACTERIANA	> 99,999 %	> 99,999 %
SISTEMA DE FILTROS VALIDADOS FRENTE AL VIH	sí	sí
SISTEMA DE FILTROS VALIDADOS FRENTE A LA HEPATITIS C	sí	sí
CLASIFICACIÓN HEPA	13	13
CO ₂ CAP	Jeringa blanca Luer-lock	Tapón azul ajustable
CANTIDAD (CAJA/ENVAZE)	80/20	80/20

Características de filtros HEPA para succión

1http://www.akaciahealthcare.com/files/documents/medical_brochures/Gibeck/Humid%20Vent%20HEPA.pdf

ANEXO 8

Cotizaciones



www.dicopil.com
ventas@dicopil.com

1 de 1

PROFORMA # 1280

FECHA: 06-may-13

SEÑORES: HCAM

ATENCIÓN: SR. JIMMY CARTAGENA

CORREO: neutralgtk_a@hotmail.com

TELÉFONO:

FORMA DE PAGO: **CONTADO**
CONTRA ENTREGA

LUGAR DE ENTREGA: **QUITO: BODEGA CLIENTE**
PROVINCIAS: FLETE AL COBRO

TIEMPO DE ENTREGA: **INMEDIATA SALVO VENTA**
DE STOCK

VALIDEZ DE LA OFERTA: **5 DÍAS**

Item	DESCRIPCION	UND	CANT.	PRECIO U	TOTAL
1	TUBO CU RIGIDO L 2" X 6M	UND	3,00	218,83	656,49
2	TUBO CU RIGIDO L 1-1/2" X 6M	UND	2,00	142,85	285,70
3	TUBO CU RIGIDO L 1" X 6M	UND	3,00	77,85	233,55
4	TUBO CU RIGIDO L 3/4" X 6M	UND	1,00	54,10	54,10
5	TUBO CU RIGIDO L 1/2" X 6M	UND	5,00	35,75	178,75
6	VALVULA ESFERICA EXTR ROSCA 2"	UND	4,00	37,06	148,24
7	VALVULA ESFERICA EXTR SOLDAR 2" ACERO INOXIDABLE	UND	4,00	-	-
8	VALVULA ESFERICA EXTR ROSCA 1"	UND	4,00	9,40	37,60
9	VALVULA ESFERICA EXTR SOLDAR 1" ACERO INOXIDABLE	UND	4,00	-	-
10	VALVULA ESFERICA EXTR SOLDAR 1/2" ACERO INOXIDABLE	UND	5,00	-	-
11	CODO CU 80-80 2" X 90°	UND	10,00	9,10	91,00
12	CODO CU 80-80 1-1/2" X 90°	UND	8,00	3,84	30,72
13	CODO CU 80-80 1" X 90°	UND	5,00	1,83	9,15
14	CODO CU 80-80 3/4" X 90°	UND	10,00	0,87	8,70
15	CODO CU 80-80 1/2" X 90°	UND	12,00	0,30	3,60
16	TEE CU 80-80 2"	UND	3,00	11,12	33,36
17	TEE CU 80-80 1-1/2"	UND	3,00	6,41	19,23
18	TEE CU 80-80 1"	UND	4,00	2,89	11,56
19	TEE CU 80-80 3/4"	UND	3,00	1,45	4,35
20	TEE CU 80-80 1/2"	UND	2,00	0,60	1,20
21	UNION RED CU 80-80 2" X 1-1/2"	UND	3,00	4,92	14,76
22	UNION RED CU 80-80 2" X 1"	UND	5,00	4,95	24,75
23	UNION RED CU 80-80 1" X 3/4"	UND	2,00	1,11	2,22
24	UNION RED CU 80-80 1" X 1/2"	UND	4,00	1,18	4,72
25	UNION RED CU 80-80 3/4" X 1/2"	UND	1,00	0,57	0,57
				Subtotal	1.854,32
				IVA 12%	222,52
				TOTAL	2.076,84

Ing. Juan Carlos Pirto

GERENTE

Celular: 0984605325(c) 0983058807(m)

2429557 - Fax: 2429710



@dicopil



dicopil

NOTA:

La emisión de esta proforma no garantiza reserva de material.





Quito, 10 de julio de 2013

Número de Cotización para referencia: PTE - 1987

Tema: SISTEMA DUPLEX DE VACIO

Cliente: HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARIN

Atención: Miguel Llamusanta

Cantidad	No. Parte	Descripción	Valor unitario	Valor total
1		SISTEMA DUPLEX DE VACIO EXPANDIBLE MODELO: DS400L4, 290CFM MARCA: BECKER Incluye: 2 bombas de vacío lubricadas de paletas rotativas, con recipiente de aceite, sistema de separación de aceite de varias etapas, radiador de enfriamiento de aceite, vlvula check de contraluzo en la succión, tacones antivibratorios, motor de alta eficiencia de 15HP - 3PH - 220/460V - 60Hz, SKID, ACCESORIOS DE INTERCONEXIÓN, TANQUE PULMON 200GAL, TABLERO DE ARRANQUE MEDIANTE CONTROL DE PLC.	78,400.00	78,400.00

NOTA: LOS VALORES NO INCLUYEN COSTOS DE MATERIALES DE INSTALACIÓN NI INSTALACIÓN

Subtotal	68,992.00
Iva	9,408.00
Total	78,400.00

CONDICIONES COMERCIALES

Forma de pago: 70% a la aceptación de la oferta, 30% contraentrega
Tiempo de entrega: 6-8 semanas luego de la aceptación de la oferta
Lugar de Entrega: Quito
Validez de oferta: 15 días

Atentamente:
Edwin Sulca
División Industrial
Culligan Water Projects S.A.
6023429 -30 -31 -32 Ext. 111
Cel. 0999221218 - 0996319163
esulca@waterprojects.com.ec