

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN DE 36 388 m³/h DE
AIRE PARA UNA SALA LIMPIA DE PRODUCTOS
FARMACÉUTICOS DE LA EMPRESA NATURGEN-SEDE
AREQUIPA”.**

INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR
JARA HERVIAS GARIZÍM LEVÍ**

PROMOCIÓN 2001-II

**LIMA-PERÚ
2009**

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
PRÓLOGO	4
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	
1.1. Justificación	8
1.2. Objetivos	8
1.3. Alcances	8
CAPITULO 2: GENERALIDADES	
2.1. La Industria farmacéutica en el Perú	9
2.2. Climatización de aire	12
2.3. Diferencias resaltantes de un sistema HVAC en la industria farmacéutica	15
2.4. Consideraciones generales de un sistema HVAC en una sala de producción farmacéutica	19
2.5. Factores que influyen en el diseño de una sala farmacéutica	20
2.6. La contaminación cruzada	21
2.7. Tipos de salas farmacéuticas	22
2.7.1. Sala controlada	23
2.7.2. Sala limpia	23

	Página
2.7.3. Sala negra externa	24
2.7.4. Sala negra interna	24
2.7.5. Sala gris	24
2.7.6. Sala blanca	24
2.8. Sala limpia de producción farmacéutica	24
2.9. Especificaciones técnicas de las salas limpias	30
2.10. Clasificación de salas limpias	30
2.11. Normas de clasificación de salas limpias	32
2.12. Clasificación de filtros de aire en un sistema HVAC	35
2.12.1. Filtros primarios	36
2.12.2. Filtros secundarios	36
2.12.3. Filtros de alta eficiencia	37
2.13. Diferenciales de presión en salas de producción farmacéuticas	40
2.14. Componentes de un sistema de ventilación y filtración de aire para una sala limpia de producción farmacéutica	43
2.14.1. Sistema de inyección de aire	44
2.14.1.1. Pre filtros de aire	45
2.14.1.2. Ventilador inyector de aire	45
2.14.1.3. Banco de filtros en línea	46
2.14.1.4. Sistema de ductería	47
2.14.1.5. Filtros de aire terminal	47
2.14.2. Sistema de extracción de aire	47
2.14.2.1. Rejillas de extracción	48
2.14.2.2. Sistema de ductería metálica	48
2.14.2.3. Banco de filtros de extracción en línea	49
2.14.2.4. Ventilador extractor de aire	49
2.14.2.5. Unidad de colección de polvo	50
2.15. Procedimiento de cálculo	51
2.16. Dinámica del flujo de aire	68
2.16.1. Ecuación de la energía de flujo	69
2.16.2. Movimiento de fluidos	71
2.16.3. Resistencia al flujo	71

2.16.4. Instrumentos para medir flujo de aire	74
2.16.5. Métodos para diseño de ductos	77
2.16.6. Cartas de pérdidas por fricción	79
2.16.7. Dimensiones de ductos	83
2.16.8. Calculadores de ductos	84
2.16.9. Accesorios de ductos	85
2.16.10. Pérdidas de presión en accesorios de ductos	86
2.16.11. Niveles de ruido	93
2.16.12. Ventiladores	94

CAPITULO 3: REQUERIMIENTO DEL ESTUDIO

3.1. Condiciones de la sala limpia	99
3.2. Equipos disponibles	102
3.3. Condiciones de seguridad	111

CAPITULO 4: DESARROLLO DEL ESTUDIO

4.1. Volúmenes de aire en los ambientes	116
4.2. Cálculo de caudal de aire en los ambientes	117
4.3. Cálculo de caudal para la selección de los ventiladores	119
4.4. Especificaciones técnicas de los accesorios de descarga y extracción de aire para el sistema de ventilación	121
4.5. Especificaciones técnicas de los filtros de aire	129
4.6. Determinación del tramo de tramo de ductería utilizando el método de caída de presión constante	138
4.7. Determinación de la caída de presión en el sistema de ventilación y filtración de aire	138
4.8. Especificaciones técnicas de los equipos de ventilación	146
4.9. Especificaciones técnicas de los colectores de polvo	152

CAPITULO 5: PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN,
PRESURIZACIÓN Y FILTRADO DE AIRE

5.1. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°1.	154
5.2. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°2.	155
5.3. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°3 y Zona N°4	156

CAPITULO 6: PRESUPUESTO

6.1. Metrado del sistema de ventilación y filtrado de aire para la Zona N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4	157
6.2. Presupuesto del sistema de ventilación y filtración de aire para la sala limpia de Penicilinas	161

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
BIBLIOGRAFÍA	177
ANEXOS	179
PLANOS	183

RESUMEN

En la fabricación de medicamentos es de relevante importancia establecer dentro de las sala de producción valores de temperatura, humedad relativa, calidad de aire, etc; a fin de garantizar al consumidor que los productos que recibe cumple con las normas de calidad correspondiente.

Senamhi durante el año 2 005, reportó para la ciudad de Arequipa, parámetros ambientales de temperatura entre 16°C á 20°C y humedad relativa entre 40% á 50%. Estas condiciones ambientales resultan ser apropiadas para la producción de medicamentos que se traduce en los bajos costos de inversión para acondicionar salas limpias de producción farmacéutica.

El presente informe de suficiencia es la propuesta del “Sistema de ventilación y filtración de aire de una sala limpia de fabricación de Penicilinas”, en el año 2 006, para Laboratorios Naturgen S.A.C. ubicado en la ciudad de Arequipa.

El estudio solicitado por Laboratorios Naturgen SAC requiere del estudio y puesta en marcha del sistema de ventilación y filtrado de aire para sus salas de producción de

penicilinas en estado sólido con las especificaciones técnicas para salas limpias según la norma internacional Federal Standard 209.

La ciudad de Arequipa tiene parámetros ambientales que se adecuan perfectamente para la producción de medicamentos. Los parámetros promedios de temperatura y humedad relativa, durante el año, son de 18°C-20°C y 45%-50%; razón por la cual el estudio solicitado por Naturgen se basó en ventilar y filtrar la sala limpia de Penicilinas.

Si el acondicionamiento de la sala limpia de producción farmacéutica fuese realizado en Lima, el estudio demandaría la selección de equipos de aire acondicionado para el control de temperatura y, además, la selección de secadores de aire para el control de humedad relativa; elevando el costo de inversión.

El monto de inversión del proyecto realizado en Arequipa se estima en un 45% del monto si se realizase en Lima. En la elaboración del fármaco el costo de consumo de energía eléctrica equivale a un 35% de producirlo en Lima. Esta es una de las razones por la que el laboratorio se instaló en Arequipa. Los precios de los fármacos genéricos elaborados por Naturgen son muy competitivos frente a los elaborados por otros laboratorios ubicados fuera de Arequipa.

El presente informe trata del procedimiento para seleccionar los equipos, filtros, pre filtros accesorios de extracción y descarga de aire y otros en el acondicionamiento de la sala limpia de penicilinas de Laboratorio Naturgen.

El acondicionamiento de la sala limpia de Penicilinas está conformado por un sistema de inyección y extracción de aire a renovación total (100% de aire exterior). El sistema de inyección está compuesto por los ventiladores inyectoros, banco de pre filtros, ductos metálicos y filtros HEPA terminales. El sistema de extracción de aire tiene los ventiladores extractores, colectores de polvo, sistema de ductería y banco de filtros con descarga terminal HEPA al medio ambiente exterior.

Los planos del sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire se adjuntan al presente informe y de allí se ha elaborado el presupuesto, el cual no considera el transporte de equipos y materiales de Lima a Arequipa; la empresa Naturgen se hace cargo de los costos que dicho transporte involucra.

Los Anexos complementan la información contenida en el Informe; y en conjunto forman un cuerpo de información necesaria y suficiente para ser utilizado en otros trabajos similares.

PRÓLOGO

En el Capítulo 1: Introducción; se especifica el objetivo del informe. En el Capítulo 2: Generalidades, se describen los lineamientos y teoría que sustenta el informe. Se inicia reseñando a la industria farmacéutica en el Perú, se resalta la diferencia e importancia de climatizar ambientes farmacéuticos, los tipos de áreas de producción farmacéutica y especificaciones de ambientes limpios. Se describen, además, los componentes principales de un sistema HVAC para climatizar ambientes farmacéuticos y se menciona la teoría de la dinámica de fluidos.

En el Capítulo 3: Requerimiento del estudio, se describen las condiciones de los ambiente de la sala limpia y demás características para continuar con el cálculo y selección de equipos.

En el Capítulo 4: Desarrollo del estudio, se detalla el estudio técnico de proyecto; se describe y especifica la selección de los equipos, las especificaciones técnicas del sistema de ventilación y filtrado de aire.

En el Capítulo 5: Propuesta del Sistema, se describen los equipos y sistema de ventilación y filtración de aire.

El Capítulo 6: Presupuesto, trata de los costos en cada parte integrante del sistema de ventilación y filtración de aire.

Finalmente se trata las conclusiones y recomendaciones pertinentes del estudio de ventilación y filtración de aire para una sala limpia de productos farmacéuticos.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En el diseño de una planta de HVAC (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) para una instalación de productos farmacéuticos se consideran tres aspectos importantes: la protección del producto, la protección del personal y la protección del medio ambiente en conformidad con las normas, nacionales e internacionales que regulan el proceso farmacéutico.

El informe describe el diseño de un sistema de ventilación HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) para una sala limpia de producción de antibióticos (penicilinas) en base a los parámetros ambientales establecidos por el laboratorio farmacéutico.

Por ser los productos farmacéuticos de empleo para prevención, diagnóstico o tratamiento de una enfermedad su producción inadecuada pueden causar efectos indeseables. El riesgo de reacciones graves, en su administración, se acentúa cuando los productos son de calidad inferior o se administran incorrectamente. Para evitar ello, la elaboración, envasado y comercialización de productos debe sujetarse a las normas aceptadas internacionalmente, comúnmente conocidas como “Buenas Prácticas de Manufactura” (BPM o GPM). En ese sentido, la Dirección General de

Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) del Ministerio de Salud, elabora el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para uso farmacéutico nacional. Este manual ha sido preparado en base al informe N° 32 de la Organización Mundial de la Salud, el mismo que recoge la opinión del Comité de Expertos de OMS en especificaciones para las preparaciones farmacéuticas.

Ventilar o climatizar un área limpia de elaboración de productos farmacéuticos implica no solo tener los conocimientos claros de climatización o ventilación mecánica sino manejar un criterio de coordinación referente a los parámetros establecidos por el laboratorio farmacéutico, dentro del área de producción y entorno, permitiendo de esta manera una correcta elaboración del fármaco.

Cuando en el informe se menciona salas limpias se refiere a salas controladas para la fabricación de productos farmacéuticos estériles.

Hasta la década de los 80', en nuestro país, producir o elaborar un fármaco implicaba contar con una mínima especificación técnica respecto a las condiciones a establecer dentro del área de producción; aún no se establecía las bases o buenas prácticas a cumplir para la certificación del área e iniciar el trabajo de producción. Durante la década de los 90', con el proceso de globalización los laboratorios farmacéuticos realizan una evaluación y cambio de todos sus procesos productivos y de toda su gestión administrativa; por lo que torna indispensable e importante el estudio técnico previo para acondicionar las salas de producción farmacéutica.

1.1. Justificación

En base a las relaciones comerciales que mantiene la empresa, en la cual trabajo, Laboratorios Naturgen SAC nos solicita el estudio y puesta en marcha del sistema de ventilación y filtrado de aire para su área de producción de penicilinas. Se realiza el estudio técnico y se elabora la propuesta económica; por lo que Naturgen nos confirma la realización y puesta en marcha del sistema de ventilación. (Ver Anexo N°3.1 y Anexo N°3.2).

1.2. Objetivos

- Elaborar la propuesta técnica y económica de sistema de ventilación y filtrado de aire para las salas limpias de penicilinas, acondicionado y esclusas de una empresa de elaboración de productos farmacéuticos ubicado en la ciudad de Arequipa.

1.3. Alcance

El presente informe trata del estudio del sistema de ventilación y filtrado de aire de las áreas limpias de Penicilinas, acondicionado y esclusas de Laboratorios Naturgen SAC, hasta culminar con la propuesta económica.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES

2.1. La Industria Farmacéutica en el Perú

Actualmente en el Perú operan cerca de 400 laboratorios farmacéuticos con planta de fabricación, de los cuales el 93% se concentra en Lima. Sin embargo, es necesario acotar que esta cifra incluye laboratorios que solo se dedican a la fabricación de productos cosméticos, galénicos, productos sanitarios, material quirúrgico y odontológico. Los laboratorios extranjeros que no cuentan con planta industrial son registrados como importadores en la Digemid.

Tres gremios agrupan a los laboratorios más importantes:

- **Asociación de Industrias Farmacéuticas de Origen y Capital Nacional (ADIFAN):** Agrupa a diecinueve laboratorios peruanos y a dos argentinos que fabrican principalmente medicamentos genéricos y productos encargados por laboratorios internacionales. Por la naturaleza de su negocio, estos laboratorios no realizan inversiones significativas en

investigación y desarrollo. El Cuadro N° 2.1 muestra los grupos de laboratorios que pertenecen a ADIFAN.

Cuadro N°2.1: Laboratorios asociados a ADIFAN

Item	LABORATORIO	PAÍS DE ORIGEN
1	Farminustria	Perú
2	Corporación Infarmasa SA	Perú
3	Medifarma	Perú
4	Daniel Alcides Carrión	Perú
5	AC Farma	Perú
6	Corporación Medco	Perú
7	LMB Colichón	Perú
8	Instituto Quimioterápico	Perú
9	Trifarma	Perú
10	Refasa	Perú
11	Erza	Perú
12	Laser	Perú
13	Welfark	Perú
14	Colliere	Perú
15	Roemmers	Argentina
16	San Joaquín	Perú
17	Comwill	Perú
18	Tecnofarma	Argentina
19	Zagall	Perú
20	Tupzol	Perú
21	Sherfarma	Perú

Fuente: Indecopi

➤ **Asociación de Laboratorios Farmacéuticos del Perú (ALAFARPE):**

Este gremio representa a los laboratorios transnacionales de origen norteamericano y europeo que comercializan principalmente medicamentos de marca (innovadores y genéricos de marca). La mayor parte de sus productos provienen de países latinoamericanos y de sus

respectivas casas matrices, y los que fabrican localmente observan estándares de calidad internacionales. El resto de sus productos (aproximadamente 10%) son encargados a los laboratorios nacionales.

Según datos del mismo gremio, en Perú, se invierten alrededor de veinte millones de dólares anuales en investigación clínico-farmacológica, dentro del contexto mundial del desarrollo de nuevos productos. El Cuadro N° 2.2 muestra los grupos de laboratorios que pertenecen a ALAFARPE.

Cuadro N°2.2: Laboratorios asociados a ALAFARPE

Item	LABORATORIO	PAÍS DE ORIGEN
1	Abbott Laboratorios SA	Estados Unidos
2	Abeefe Bristol-Myers-Squibb	Estados Unidos
3	Aventis Pharma SA	Francia
4	Bayer	Alemania
5	Boehringer Ingelheim	Alemania
6	Elifarma	Perú
7	Eli Lilly Int. Inc.	Estados Unidos
8	Glaxo Smithkline	Estados Unidos
9	Johnson & Johnson Medical	Estados Unidos
10	Merck Peruana	Alemania
11	Merck Sharp & Dohme	Estados Unidos
12	Novartis Biosciences	Estados Unidos
13	Om Perú	Suiza
14	Organon	Holanda
15	Pfizer	Estados Unidos
16	Roche	Suiza
17	Shering Peruana	Alemania
18	Sherin-Plough	Estados Unidos
19	Laboratorios Wyeth	Estados Unidos

Fuente: Indecopi

- **Asociación de Laboratorios Farmacéuticos Latinoamericanos (ALAFAL):** Es un gremio conformado por nueve laboratorios de capital extranjero (principalmente latinoamericanos) y agrupa a empresas que comercializan sobre todo medicamentos genéricos. El Cuadro N° 2.3 muestra los grupos de laboratorios que pertenecen a ALAFAL.

Cuadro N°2.3: Laboratorios asociados a ALAFAL

Item	LABORATORIO	PAÍS DE ORIGEN
1	Unimed del Perú	Colombia
2	Sanderson	Chile
3	Tecnofarma	Argentina
4	Silesia	Chile
5	Sabal	Chile
6	Biotoscana	Colombia
7	Trébol	Bolivia
8	ABL Pharma	Chile
9	Grupo Farma	Venezuela

Fuente: Indecopi

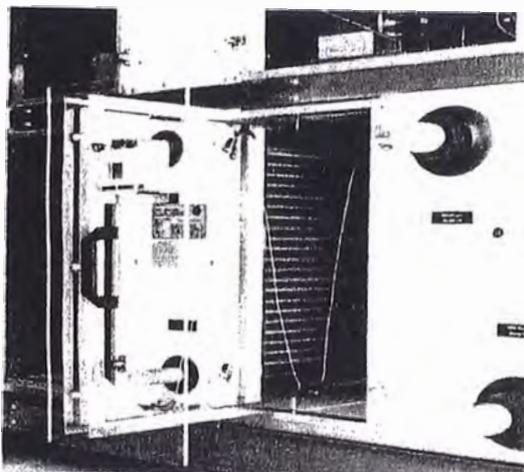
2.2. Climatización de aire

La Climatización de aire, es el proceso por el cual se trata el aire en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los parámetros requeridos de temperatura, humedad relativa, composición y movimiento de aire.

Los criterios establecidos para climatizar el área a controlar:

1. **La temperatura del aire;** se controla eliminando o agregando calor mediante el equipo climatizador.

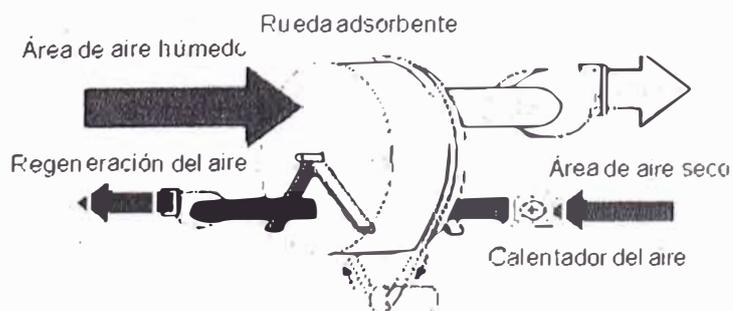
Figura N°2.1: Equipo climatizador



Fuente: Catálogo York

2. **La humedad del aire;** se controla agregando o eliminando vapor de agua (humidificación o deshumidificación) mediante un humidificador o secador de aire.

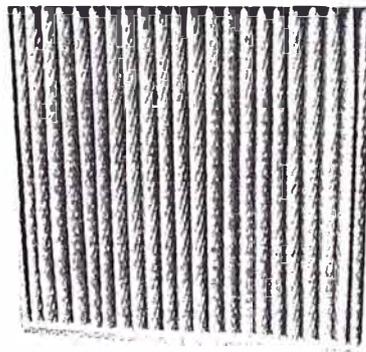
Figura N°2.2: Secador de aire



Fuente: Catálogo Munters

3. **La limpieza o calidad de aire;** se controla mediante filtración del aire que ingresa al interior (aire fresco). También mediante la filtración se reducen los contaminantes antes de ser expeditas al ambiente exterior.

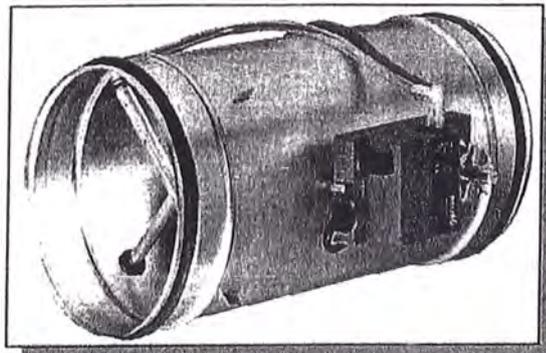
Figura N°2.3: Filtro de aire



Fuente: Catálogo Purolator

4. **El movimiento del aire;** nos indica la velocidad a la cual esta llega a los lugares donde se distribuye. Se controla mediante dámetros y accesorios adecuados para la distribución del aire.

Figura N°2.4: Dámper de aire motorizado



Fuente: Catálogo Honeywell

Para nuestro caso la temperatura y humedad relativa quedan establecidas por las condiciones climatológicas del lugar geográfico del laboratorio, la limpieza o calidad de aire queda establecida por el sistema de filtración y el movimiento de aire lo determina el sistema de ventilación.

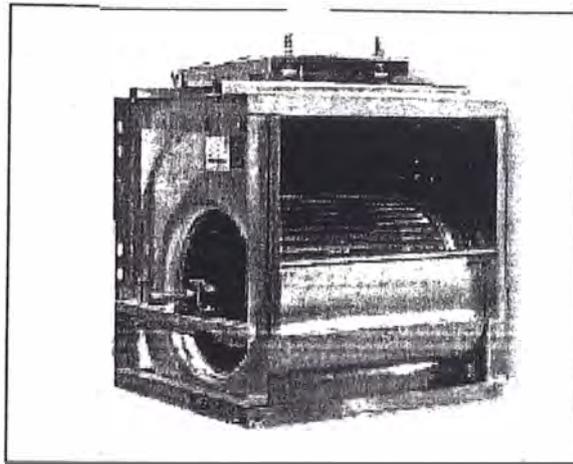
2.3. Diferencia resaltante de un sistema HVAC en la industria farmacéutica

El sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) establece las condiciones de temperatura, humedad relativa, presurización o filtrado de aire en ambientes. Las salas limpias tales como salas quirúrgicas, salas de cuidados intensivos y ambientes de la industria farmacéutica necesitan de un control determinado de temperatura, humedad, calidad y movimiento de aire para su buen funcionamiento. Un sistema HVAC también es utilizado en plantas de elaboración de cosméticos y alimentos.

Para la climatización de aire en la industria farmacéutica se requiere:

✓ Volúmenes de aire (superiores a 12 renovaciones por hora) mediante el empleo de ventiladores centrífugo en gabinetes, ya que se debe reducir la contaminación cruzada producida durante el proceso.

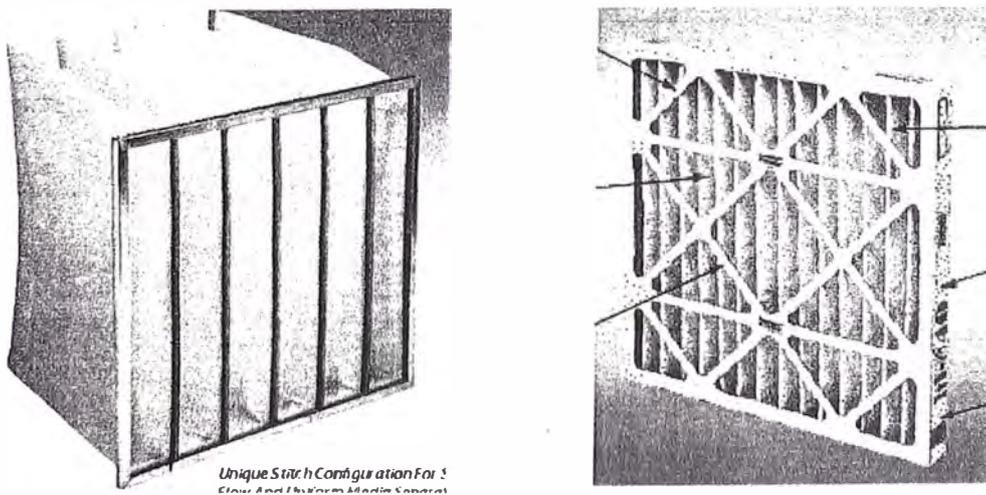
Figura N°2.5: Ventilador centrifugo



Fuente: Catálogo Soler y Palao

✓ Uso de banco de pre filtros; los filtros primarios y secundarios se colocan con el fin de eliminar las partículas superiores a 2,0 micras y luego los filtros de alta eficiencia, que eliminan las partículas de hasta 0,2 micras.

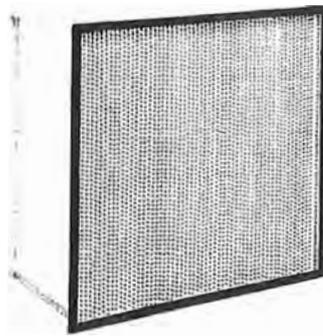
Figura N°2.6: Filtros de aire primario y secundario



Fuente: Catálogo Purolator

- ✓ Uso de filtros de alta eficiencia: para retener las partículas inferiores a $2,0 \mu\text{m}$ en un porcentaje del 20,0% - 90,0%. Los filtros absolutos retienen partículas más pequeñas llegando a un 99,99995% en partículas de $0,12 \mu\text{m}$.

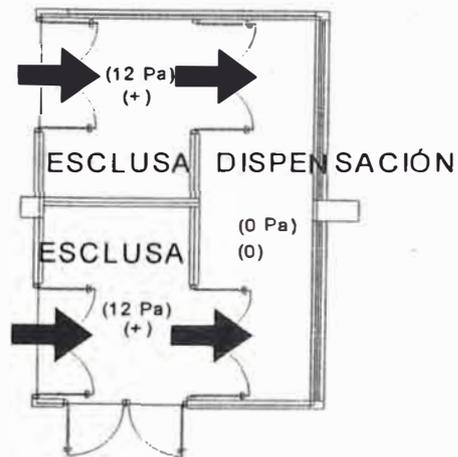
Figura N°2.7: Filtro de alta eficiencia HEPA



Fuente: Catálogo Purolator

- ✓ Diferencia de presiones entre áreas: para evitar la entrada de aire desde las áreas más sucias hacia las más limpias; oscilando entre 0,05 pulgadas de agua de diferencial de presión desde al ambiente más limpio hacia el menos limpio.

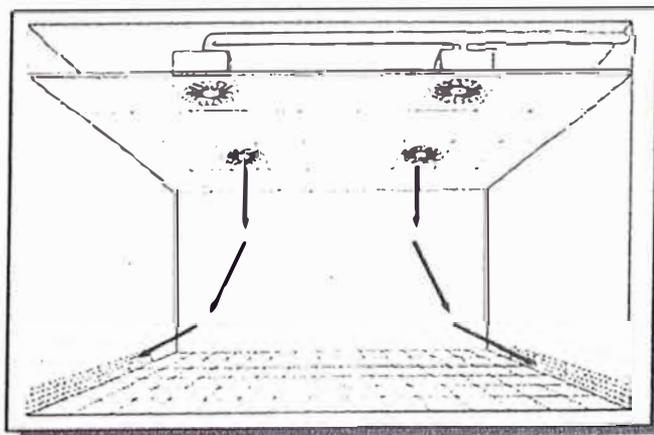
Figura N°2.8: Sentido de flujo de aire por la diferencia de presiones entre áreas



Fuente: Propia

- ✓ Inyección y retorno de aire filtrado en ubicación apropiada del sistema para que recorra toda el área (barrido completo) y permita la remoción de las partículas.

Figura N°2.9: Inyección de aire superior y extracción de aire inferior



Fuente: Catálogo LG

2.4. Consideraciones generales de un sistema HVAC en una sala de producción farmacéutica

En una sala de producción farmacéutica se consideran tres aspectos principales: la protección del producto, la protección del personal y la protección del medio ambiente. Estos tres aspectos se sujetan a lo establecido por las normas internacionales y nacionales (BPM) que regulan el proceso farmacéutico. Un sistema HVAC es diseñado teniendo en cuenta el estudio de estos tres aspectos.

En todos los sistemas HVAC, para salas limpias de producción farmacéutica, el sistema de filtración seleccionado debe tomar en cuenta la retención apropiada de las partículas procedentes del exterior. El riesgo de la contaminación cruzada debe ser necesariamente evaluado para diseñar correctamente el sistema HVAC. En caso de no existir riesgo o que los productos puedan tolerar este tipo de contaminación cruzada con otros productos, la planta de recirculación de aire debe diseñarse con un sistema de filtración adecuado. Si los productos no muestran tolerancia a la contaminación cruzada con otros productos el sistema HVAC debe considerar un aire totalmente fresco (100% aire exterior o renovación total) y el aire no debe retornar a estos espacios aunque tenga filtros HEPA.

En este informe de suficiencia se considera la renovación total de aire fresco donde la inyección y extracción de aire se hace pasar por un banco de filtros y filtros HEPA terminales antes de salir al medio ambiente exterior.

El sistema HVAC es de evacuación total (renovación total. 100% aire exterior) en caso de que en la misma sala se manipulen dos o más tipos de productos estériles diferentes y en distintas campañas. El sistema de evacuación total evita así la posibilidad de contaminación cruzada del producto que se está manipulando con el polvo del producto manipulado con anterioridad.

2.5. Factores que influyen en el diseño de una sala farmacéutica

El ambiente de producción, menos visible y que tiene un alto impacto en la calidad del producto, muchas veces no es tenido en cuenta. Muchos factores, contribuyen a la calidad del producto, uno de ellos es el ambiente de manufactura, y la diferencia de cualquiera de ellos puede conducirnos a obtener productos fuera de especificaciones o productos de una calidad inferior.

Los factores que tiene influencia directa sobre un producto son:

- Luz (productos fotosensibles).
- Temperatura (productos sensibles a la Temperatura).

- Humedad relativa (cápsulas, efervescentes).
- Movimiento de aire (puede afectar la contaminación / contaminación cruzada).
- Contaminación microbiana (riesgo para la salud y para la estabilidad del medicamento).
- Contaminación con partículas (riesgo en formas farmacéuticas inyectables).

Los contaminantes pueden ser generados desde el ambiente (partículas, microorganismos, polvo conteniendo activos, etc.), y también desde el equipamiento (residuos de aceite, metal, etc.) y en ambos casos el movimiento del aire lo pone en circulación.

2.6. La Contaminación Cruzada

Según el informe 32 de la OMS una definición de Contaminación Cruzada es la *“Contaminación de una materia prima, producto intermedio o producto terminado con otra materia prima o producto durante su producción.”*

Son muchos los factores que pueden llevarnos a una contaminación cruzada: la operación en sí misma, los sistemas de extracción, Buenas Prácticas de Manufactura (higiene), etc. Dentro de los sistemas HVAC la contaminación

cruzada puede originarse por transferencia del sistema de aire de una sala a otra de fabricación debido a problemas con los diferenciales de presión en las salas.

2.7. Tipos de salas farmacéuticas

Uno de los factores a considerar durante la elaboración de un medicamento es la contaminación proveniente del exterior o del ambiente físico donde se está preparando el producto. Esta contaminación se debe a las partículas presentes en el aire, las cuales pueden provenir del suministro del mismo, personal, las desprendidas por los equipos y demás superficies de la sala de trabajo. El aire que respiramos es un aerosol que contiene partículas de diferente tamaño (aproximadamente entre 30 y 0,1 μm) cuya composición varía dependiendo del lugar, clima y época del año. Estas partículas pueden clasificarse en:

- Partículas inertes: Objetos sólidos o líquidos cuyo tamaño oscila, generalmente entre 1 nm y 1 mm.
- Partículas viables: Partículas inertes que llevan uno o más microorganismos capaces de reproducirse. Los microorganismos no se encuentran flotando libremente en el aire sino que son transportados de un

sitio a otro unidos a las partículas de polvo, escamas de piel, gotas de saliva, etc.

La presencia de partículas inertes y/o viables en el aire donde se está elaborando un producto puede provocar la contaminación del mismo. Si estamos elaborando un fármaco en una sala limpia se requiere que éste se encuentre libre de contaminación.

2.7.1. Sala controlada:

Es la que se mantiene dentro de límites establecidos los 22°C de temperatura, 55% de humedad relativa y 0,05 pulg. c.a. de presión diferencial entre áreas adyacentes. Pudiendo especificarse otros valores, los cuales son fijados por el laboratorio farmacéutico.

2.7.2. Sala Limpia:

Es la sala que, además de los parámetros anteriores, controla la concentración de partículas en el aire. Por ejemplo 10 000 partículas, de tamaño 0,5 micras, por cada metro cúbico de volumen dentro de la sala. Estos valores son especificados por la clase de sala limpia.

2.7.3. Sala negra externa:

Salas (pueden ser controladas) que se encuentran en contacto con el aire exterior.

2.7.4. Sala negra interna:

Salas (pueden ser controladas) sin contacto con el aire exterior y sin requisitos especiales en cuanto a la calidad del aire.

2.7.5. Sala gris:

Área controlada, limpia y con requisitos específicos y especiales de calidad de aire.

2.7.6. Sala blanca:

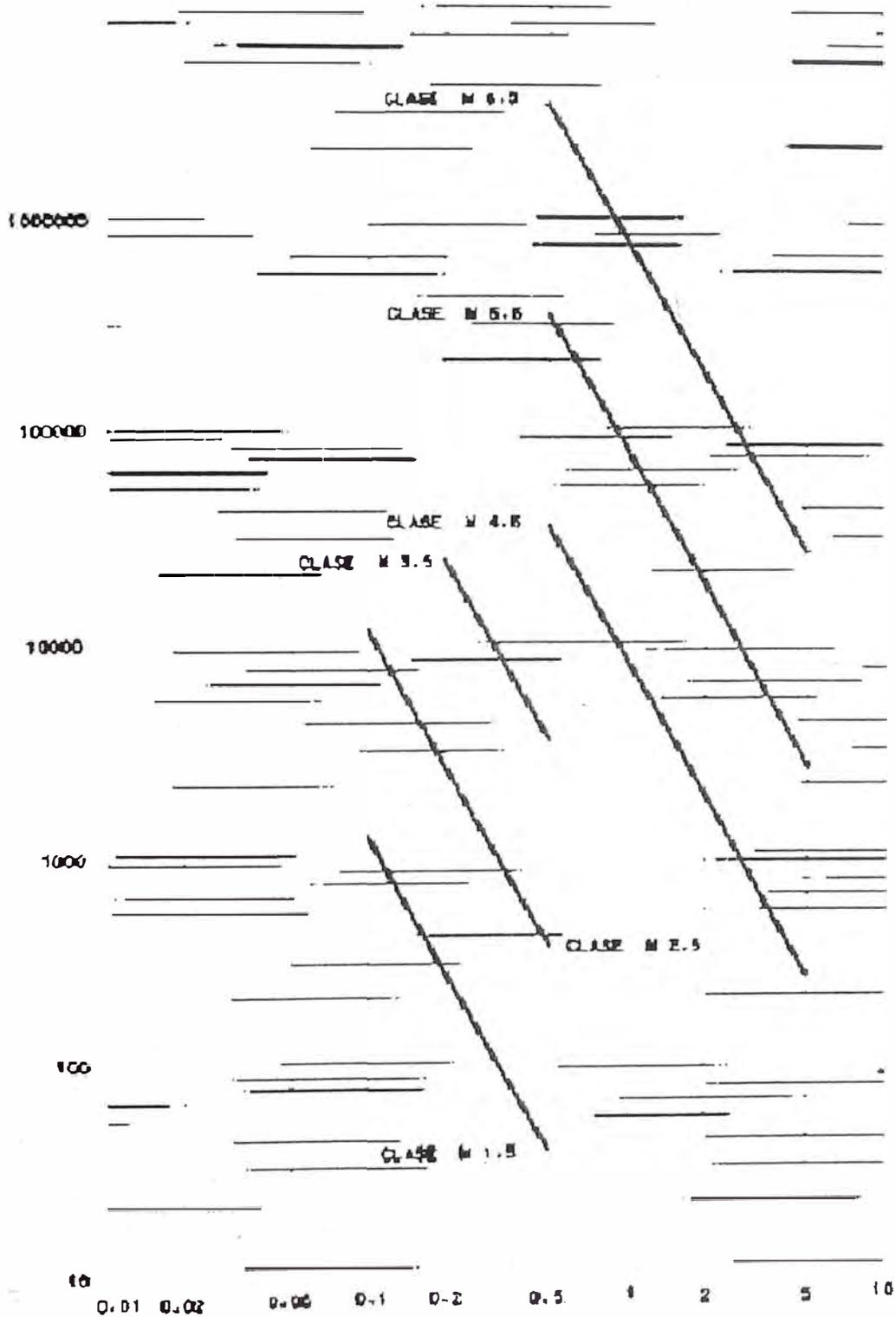
Área controlada, limpia, con requisitos estrictos y especiales de calidad de aire y estériles.

2.8. Sala limpia de producción farmacéutica.

Una sala limpia de producción farmacéutica es una zona o instalación compuesta por una o varias áreas y/o recintos cuyos niveles temperatura (22°C), humedad relativa (55%), presión diferencial (0,05 pulg. c.a.) y concentración de partículas (10 000 partículas, de tamaño 0,5 micras, por cada metro cúbico de volumen de la sala) son determinados por el laboratorio farmacéutico de acuerdo al medicamento a producir y tienen que mantenerse dentro de unos límites establecido por la norma Federal Standard 209 (FS 209) de acuerdo a la clase de sala.

El Gráfico N° 2.10 muestra la clasificación de las salas limpias de acuerdo norma Federal Standard 209. Se observa la clase de sala por el número de partículas de cierto tamaño por cada pie cúbico. El eje vertical corresponde al número de partículas y el horizontal al tamaño de las partículas en micras. La intersección de ambas determina la clase de sala limpia.

Figura N°2.10: Clases de salas, según Fed. Stándard 209, de acuerdo al número de partículas por unidad de volumen



Fuente: Federal Stándard 209

El aire que entra en una sala limpia se trata en unidades del sistema HVAC que realizan habitualmente las fases previas de filtración, ventilación, enfriamiento o calentamiento. De esta forma, se persigue mantener los distintos recintos dentro de los niveles de temperatura, humedad relativa, renovaciones de aire y diferenciales de presión definidos en el proyecto según las necesidades del laboratorio para la producción del fármaco. La fase final de filtración se realiza por medio de filtros absolutos, los cuales retienen partículas superiores a 0,5 micras en un porcentaje superior al 99,99%.

El volumen de aire de cada recinto es renovado específicamente (mayor a 20 renov/hora), aumentando proporcionalmente con el grado de calidad ambiental requerido.

El Cuadro N° 2.4 (según Federal Standard 209 C y D) muestra como aumenta el número de renovaciones por hora de aire de acuerdo a la cantidad de partículas por pie cúbico dentro de los ambientes de la sala.

Cuadro N°2.4: Clasificación de salas farmacéuticas, en reposo (según Fed. Standard 209), de acuerdo al número de partículas

Item	Salas	Número de partículas/pie cubico Clase US Federal Standart 200 C y D (En reposo)	Tipo de Filtro	N° Renovaciones/hora
1	Zonas Generales			
	Laboratorios	100 000	EU-9	15-20
	Acondicionamiento	100 000	EU-9	15-20
	Pasillos Generales	100 000	EU-9	15-20
2	Zona Estéril			
	Flujo Laminar clase A y B	100	EU-14	>200
3	Zona Líquidos			
	Limpieza	100 000	EU-9	15-20
	Fabricación cremas	10 000	EU-12	20-30
	Aerosoles	10 000	EU-12	20-30
	Fabricación líquidos	10 000	EU-12	20-30
	Pasillo líquidos	10 000	EU-12	20-30
	Vestuario líquidos	10 000	EU-12	20-30
4	Zona Sólidos			
	Cápsulas	10 000	EU-12	20-30
	Lacado	10 000	EU-12	20-30
	Lecho fluido	10 000	EU-12	20-30
	Amasado, granulado, secado, tamización	10 000	EU-12	20-30
	Pasillo sólidos	10 000	EU-12	20-30
	Vestuario limpio	10 000	EU-12	20-30

Fuente: Federal Standard 209

Se tiene muy en cuenta que, como regla general, la distribución del aire en los distintos recintos debe ser de techo a suelo (Ver Figura N° 2.9); es decir, la descarga de aire desde el techo y el retorno de aire lo más próximo a nivel del suelo (de manera práctica por encima de 25 cm). Además, la distribución de los dispositivos de impulsión y retorno deberá ser lo más homogénea posible; de esta forma se favorecerá un correcto barrido y

distribución del aire, evitándose zonas muertas en las cuales no existe una correcta renovación del aire. Éstas se convertirán en puntos en los que los niveles de partículas serían superiores, pudiendo dificultar la consecución de una sala limpia con los niveles de calidad requeridos a su clasificación.

Las salas limpias se diseñan y construyen de manera de disminuir al mínimo la cantidad de partículas desprendidas. Los elementos constructivos de la instalación abarcan paredes, suelos y techos. Estos elementos se construyen con materiales que no desprendan ni retengan partículas (pintura epóxica y ángulos sanitarios) y que garanticen su estanqueidad respecto al ambiente externo (no controlado) que envuelve a estas áreas. Son fáciles de limpiar y resistentes a los agentes de limpieza que habitualmente se utilizan.

Las superficies de los techos, paredes, pisos, luces, estantes, mesones, gabinetes, etc. son lisas, libres de grietas o hendiduras, no liberan partículas y son resistentes a los procesos de limpieza y desinfección. Las uniones de las paredes con el techo y el piso son redondeadas (ángulos sanitarios) para facilitar su limpieza e impedir la acumulación de sucio. Las lámparas no sobresalen de los paneles y están selladas al soporte. Los pisos deben ser de materiales resistentes y sin hendiduras.

2.9. Especificaciones técnicas de las salas limpias

Para iniciar con el estudio del sistema de ventilación y filtración de aire de la sala limpia primero se debe conocer las especificaciones técnicas de la sala, el cual está determinado por el laboratorio farmacéutico. Las especificaciones técnicas comprende el conocimiento de los siguientes parámetros técnicos:

- i. Parámetros de temperatura y humedad relativa.
- ii. Número de renovaciones de aire por hora.
- iii. Clase de sala; el cual está determinado por la cantidad de partículas por pie cúbico que debe tolerar la sala como máximo.
- iv. Tipo y ubicación de filtros.
- v. Valores de diferenciales de presión entre ambientes de la sala.
- vi. Disposición de flujo aire; ya sea recirculación o renovación total de aire.

2.10. Clasificación de salas limpias

La norma más conocida para la clasificación de salas limpias es la Federal Standard 209 E (USA); todas las versiones de esta norma se basan clasificar la sala de acuerdo al número de partículas de tamaño igual o superior a 0,5 micrómetros por cada pie cúbico aire dentro de los ambientes de la sala.

El Cuadro N° 2.5 muestra la clasificación de las salas limpias en el sistema métrico de acuerdo a la norma Federal Standard 209 E.

Cuadro N° 2.5 Clasificación de salas limpias, según Federal Standard 209 E

Item	Clase	0,1 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	0,2 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	0,3 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	0,5 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	5,0 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
1	M1	350	75,7	30,9	10	-
2	M1,5	1 240	265	106	35,3	-
3	M2	3 500	757	309	100	-
4	M2,5	12 400	2 650	1 060	353	-
5	M3	35 000	7 570	3 090	1 000	-
6	M3,5	-	26 500	10 060	3 530	-
7	M4	-	75 700	30 900	10 000	-
8	M4,5	-	-	-	35 300	247
9	M5	-	-	-	100 000	618
10	M5,5	-	-	-	353 000	2 470
11	M6	-	-	-	1 000 000	6 180
12	M6,5	-	-	-	3 530 000	24 700
13	M7	-	-	-	10 000 000	61 800

Fuente: Federal Standard 209

Por ejemplo una sala limpia de Clase M4 tolera como máximo 10 000 partículas de 0,5 μm por cada pie cúbico de aire dentro de la sala.

A pesar de la utilización universal de la norma Federal Standard 209, existen asociaciones especializadas de muchos países que han elaborado sus propias normas; de manera que una sala limpia de una determinada clase puede definirse de forma diferente en cada uno de estos países. Por ejemplo Gran Bretaña utiliza letras, Francia números, Alemania utiliza el logaritmo,

etc.; en todos los casos se encontrarán puntos comunes con la FED. STD. 209E.

2.11. Normas de clasificación de salas limpias

El diseño de un sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado para una sala de producción farmacéutica exigen conocer la normas existentes que regulan su funcionamiento. Estas normas son conocidas como “Buenas Prácticas de Fabricación” (BPM) o GMP de iniciales en inglés. De todas las normas, expuestas por diversos países, las más importantes y válidas para salas limpias son la Federal Standard 209E y la ISO 14644.

La norma Federal Standard fue publicada por primera vez en el año 1 963, tras la primera versión ha habido cinco revisiones que en septiembre del año 1 992 se aprobó la FED. STD. 209E.

La norma sobre medicamentos de la Comunidad Europea que define la clasificación de salas controladas es la EEC-GMP.

El Cuadro N° 2.6 muestra la comparación de las normas internacionales, en el sistema métrico, respecto a la clasificación de salas limpias tomando como referencia el tamaño de partículas de 0,5 μm .

Cuadro N° 2.6: Comparación de normas internacionales sobre clasificación de salas limpias

Item	0,5 µm/m ³	FED. STD 209 D	FED. STD 209 E	ISO 14644	EEC-GPM
1				ISO 1	
2	1				
3	3,5			ISO 2	
4	10		M1		
5	35.3	1	M1,5	ISO 3	
6	100		M2		
7	353	10	M2,5	ISO 4	
8	1000		M3		
9	3530	100	M3,5	ISO 5	A y B
10	10000		M4		
11	35300	1000	M4,5	ISO 6	
12	100000		M5		
13	353000	10000	M5,5	ISO 7	C
11	1000000		M6		
12	3530000	100000	M6,5	ISO 8	D
13	10000000		M7		

Fuente: Propia

Las normas existentes para instalaciones farmacéuticas se refieren casi exclusivamente al proceso de las formas estériles, en lugar de serlo para el proceso de otros productos no estériles, convirtiéndose en una prescripción importante basada en la experiencia acumulada por los tecnólogos farmacéuticos; los criterios para las formas no estériles fueron válidos hasta que el ISPE, con los comentarios de la FDA, desarrolló las líneas a seguir para instalaciones farmacéuticas no estériles, forma de dosificación de productos sólidos de administración oral.

Algunas consideraciones que recomiendan las normas:

- El valor fijo de 20 renov/h de las renovaciones de aire por hora ha sido sustituido por una expresión más flexible: “Para alcanzar los grados de aire B, C y D, el número de renovaciones de aire debe estar relacionado con la dimensión de la sala y los equipos y personal presentes en ella; el sistema de aire debe tener filtros apropiados como los HEPA para los grados A, B y C”. El filtro HEPA no se menciona para el grado D.

- La velocidad del aire en caso de flujo unidireccional es 0,45 m/s (20% sin distinción alguna entre flujo horizontal o vertical.

- La clase de limpieza en condiciones de reposo debe alcanzarse en un período corto de limpieza de 15 a 20 minutos.

- Por lo que respecta a la norma generalmente válida para todo tipo de salas limpias, la organización ISO ha decidido preparar la norma internacional para salas limpias. Actualmente la ISO 14644-1 es la única ya publicada. Está dedicada a especificar el valor límite de la posible concentración de partículas en suspensión para una determinada clase de limpieza del aire. Se corresponde con la FS209E.

2.12. Clasificación de filtros de aire en un sistema HVAC

El aire contiene partículas de diferente tamaño, por lo cual se utilizan filtros de diferente eficacia de filtración, colocados en serie. Primero se colocan los pre filtros (filtros primarios y secundarios), con el fin de eliminar las partículas de mayor tamaño y luego los filtros de alta eficiencia que eliminan las partículas más pequeñas.

La eficacia del filtro es la capacidad del filtro para retener partículas de diferente tamaño y se expresa en porcentaje. La Norma ASHRAE 52.2 brinda el procedimiento para medir la eficiencia de los filtros mediante el tamaño de las partículas. Los valores de eficiencia medidos por este procedimiento sirven para clasificar a los filtros por el valor de reporte de Eficiencia Mínima (MERV). El Cuadro N° 2.7 muestra la clasificación de los filtros según ASHRAE 52.2.

Cuadro N°2.7: Clasificación de los filtros de aire según ASHRAE 52.2

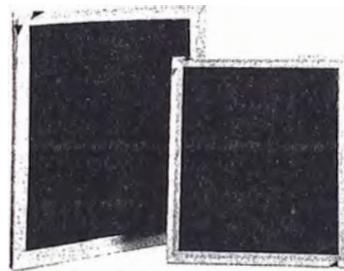
Número del Grupo	Valor MERV	E ₁	E ₂	E ₃	Arrestancia Promedio (ASHRAE 52.1)	Resistencia Final (Pulgadas W.G.)
		Promedio de Eficiencia por Tamaño de las Partículas (PSE) 0.3 - 1.0 Micrones	Promedio de Eficiencia por Tamaño de las Partículas (PSE) 1.0 - 3.0 Micrones	Promedio de Eficiencia por Tamaño de las Partículas (PSE) 3.0 - 10.0 Micrones		
1	MERV 1	-	-	Menos del 20%	Menos del 65% 65 - 69.9% 70 - 74.9% 75% o Mayor	0.3"
	MERV 2	-	-	Menos del 20%		0.3"
	MERV 3	-	-	Menos del 20%		0.3"
	MERV 4	-	-	Menos del 20%		0.3"
2	MERV 5	-	-	20 - 34.9%	-	0.6"
	MERV 6	-	-	35 - 49.9%	-	0.6"
	MERV 7	-	-	50 - 69.9%	-	0.6"
	MERV 8	-	-	70 - 84.9%	-	0.6"
3	MERV 9	-	Menos del 50%	85% o Mayor	-	1.0"
	MERV 10	-	50% - 64.9%	85% o Mayor	-	1.0"
	MERV 11	-	65% - 79.9%	85% o Mayor	-	1.0"
	MERV 12	-	80% - 89.9%	90% o Mayor	-	1.0"
4	MERV 13	Menos del 75%	90% or greater	90% o Mayor	-	1.4"
	MERV 14	75% - 84.9%	90% or greater	90% o Mayor	-	1.4"
	MERV 15	85% - 94.9%	90% or greater	90% o Mayor	-	1.4"
	MERV 16	95% o Mayor	95% or greater	95% o Mayor	-	1.4"

Fuente: Norma ASHRAE 52.2

2.12.1. Filtros primarios

Estos filtros son usados para filtraciones de baja eficiencia (30%). Retienen las partículas más gruesas comprendidas entre $2,0 \mu\text{m}$ y $80 \mu\text{m}$. Forman parte de este grupo de filtros los filtros lavables, aluminio o corrugados. Su ubicación está antes y/o después del equipo de ventilación.

Figura N°2.11: Filtro de aire primario del tipo lavable



Fuente: Catálogo Purolator

2.12.2. Filtros secundarios

La capacidad de filtración de estos filtros está entre el 65% y 85%; aunque existen filtros secundarios que tienen capacidad de filtración del 95%. Retienen partículas del orden de $2,0 \mu\text{m}$ y $80 \mu\text{m}$ y van ubicados a continuación de los filtros primarios. Forman parte de este grupo de filtros los filtros tipo bolsa.

Figura N°2.12: Filtro de aire secundario del tipo bolsa



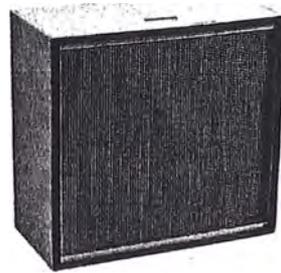
Fuente: Catálogo Purolator

2.12.3. Filtros de alta eficiencia

En la industria farmacéutica se utilizan los filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air-Filtros de aire de alta eficiencia) que son capaces de retener partículas $\geq 0,3 \mu\text{m}$ con una eficiencia mínima de 99,97%. Estos filtros están hechos de un medio filtrante que se pliega en forma de acordeón para proporcionar una mayor área de filtración, ensamblado en una armazón rígida.

Van ubicados como filtros terminales en el sistema o en algunos casos se ubican como filtros en línea (posterior a los filtros secundarios).

Figura N°2.13: Filtro de aire alta eficiencia tipo HEPA



Fuente: Catálogo Purolator

A pesar que existe una muy fuerte correlación entre la eficiencia del filtro y la clasificación de limpieza del área, un filtro de alta eficiencia no garantiza por sí solo la más alta clase de limpieza, a menos que sean tenidos en cuenta otros elementos como:

- i. Flujo de aire.
- ii. Velocidad del aire y el número de renovaciones de aire.
- iii. Layout del sector, ubicación de los equipos.
- iv. Personal y su ropa.
- v. Equipos adecuados para operar en salas limpias.
- vi. Instalaciones adecuadas y mantenimiento apropiado.

Cuadro N°2.8: Uso de los filtros de aire en salas de acuerdo a su clasificación, según ASHRAE 52.2

FILTER EFFICIENCY / APPLICATION GUIDELINES

Filter Efficiency Ratings			Application Guidelines		
MERV Rating (ASHRAE Std. 52.2)	Dust Spot Efficiency (ASHRAE Std. 52.1)	Arrestance (ASHRAE Std. 52.1)	Typical Contaminant	Typical Applications	Typical Air Filter
1	<20%	<65%	>10.0 µm Particle Size Pollen Spanish moss Dust mites Sanding dust Spray paint dust Textile fibers Carpet fibers	Minimum filtration Residential Window air conditioners	Throwaway - Disposable fiberglass or synthetic panel filters Washable - Aluminum mesh, latex coated animal hair, or foam panel filters Electrostatic - Self charging (passive) woven polycarbonate panel filter
2	<20%	65-70%			
3	<20%	70-75%			
4	<20%	75-80%			
5	<20%	80-85%	3.0-10.0 µm Particle Size Mold Spores Hair spray Fabric protector Dusting aids Cement dust Pudding mix Snuff Powdered milk	Commercial buildings Better residential Industrial workplaces Paint booth inlet air	Pleated Filters - Disposable, extended surface, 25 to 125 mm (1 to 5 in.) thick with cotton-polyester blend media, cardboard frame. Cartridge Filters - Graded density viscous coated cube or pocket filters, synthetic media Throwaway - Disposable fiberglass or synthetic panel filters
6	<20%	85-90%			
7	25-30%	>90%			
8	30-35%	>90%			
9	40-45%	>90%	1.0-3.0 µm Particle Size Legionella Humidifier dust Lead dust Milled flour Coal dust Auto emissions Nebulizer drops Welding fumes	Superior residential Better commercial buildings Hospital laboratories	Bag Filters - Nonsupported (flexible) microfine fiberglass or synthetic media. 300 to 900 mm (12 to 36 in.) deep, 6 to 12 pockets. Box Filters - Rigid style cartridge filters 150 to 300 mm (6 to 12 in.) deep may use lofted (air laid) or paper (wet laid) media.
10	50-55%	>95%			
11	60-65%	>95%			
12	70-75%	>95%			
13	80-90%	>98%	0.30-1.0 µm Particle Size All bacteria Droplet nuclei (sneeze) Cooking oil Most smoke Insecticide dust Copier toner Most face powder Most paint pigments	Hospital inpatient care General Surgery Smoking lounges Superior commercial buildings	Bag Filters - Nonsupported (flexible) microfine fiberglass or synthetic media. 300 to 900 mm (12 to 36 in.) deep, 6 to 12 pockets. Box Filters - Rigid style cartridge filters 150 to 300 mm (6 to 12 in.) deep may use lofted (air laid) or paper (wet laid) media.
14	90-95%	>98%			
15	>95%	n/a			
16	n/a	n/a			
n/a	n/a	n/a	≤0.30 µm Particle Size Virus (unattached) Carbon dust Sea salt All combustion smoke Radon progeny	Cleanrooms Radioactive materials Pharmaceutical manufacturing Carcinogenic materials Orthopedic surgery	HEPA/ULPA Filters ≥99.97% efficiency on 0.30 µm particles, IEST Type A ≥99.99% efficiency on 0.30 µm particles, IEST Type C ≥99.999% efficiency on 0.30 µm particles, IEST Type D ≥99.999% efficiency on 0.10-0.20 µm particles, IEST Type F
n/a	n/a	n/a			
n/a	n/a	n/a			
n/a	n/a	n/a			

Source: ASHRAE Standard 52.2 - 1999

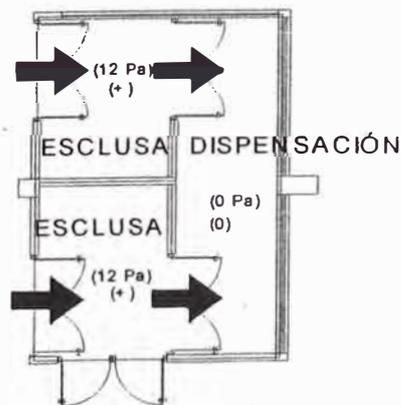
Fuente: ASHRAE Standard 52.2.

2.13. Diferenciales de presión en salas de producción farmacéutica

Un parámetro importante que tiene su influencia en la clase de sala y en la calidad del producto farmacéutico es el control de la presión estática en la sala. Los diferenciales de presión estática son los valores de diferencia de presión de aire entre un ambiente y su adyacente. Esta diferencia de presión genera un flujo de aire entre el ambiente de mayor presión al de menor presión, el cual circula por los intersticios de la puerta que los separa.

Con los diferenciales de presión entre dos ambiente se permite establecer el sentido del flujo de aire y de esta manera evitar la contaminación cruzada. La Figura N° 2.14 muestra el sentido del flujo de aire producto del diferencial de presión entre ambientes contiguos.

Figura N°2.14: Diferencial de presión en ambientes



Fuente: Propia

La norma Federal Standard 209 establece un diferencial de presión de 12 Pa (0,05 pulgadas de columna de agua) entre dos ambientes contiguos para evitar la migración de partículas entre ellos, con esto el ambiente más limpio mantiene una diferencia de presión de 12 Pa respecto a la menos limpia contigua.

Análogos incrementos de diferencia de presión son aplicables a cada uno de los ambientes sucesivos.

El máximo valor de presión estática es de 45 Pa para evitar problemas mecánicos con la estructura de obra civil (falsos techos y resistencia de las paredes divisorias).

La alta presión crea ruido cuando se producen fugas de aire a alta velocidad en la sala limpia a través de muchas pequeñas aberturas. El gradiente de presión en exceso de 25 Pa puede dificultar la apertura y cierre de las puertas. En caso de dos ambientes del mismo nivel de limpieza y contiguos, la diferencia de presión podría ser 7 Pa en lugar de 15 Pa, situando la más crítica a mayor presión que la otra.

Para controlar los valores de presión diferencial en las instalaciones se colocan compuertas o dámetros de regulación en el sistema de ductería (inyección y retorno) y accesorios de descarga (difusores) o retorno del aire (rejillas). Estas compuertas o dámetros tienen la función de controlar el

volumen de aire que entra como el que sale de cada ambiente y, de esta forma, conseguir el valor del diferencial de presión requerido.

Para calcular el caudal de aire, producto de los diferenciales de presión, que circula por las ranuras o intersticios de los elementos de separación entre los dos ambientes contiguos se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = c * S * \left(\frac{2 * \Delta P}{\rho} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Siendo:

- Q: caudal de fuga; m³/s
- c: Coeficiente de flujo; 0,60
- S: área de fuga; m²
- ΔP: gradiente de presión manométrica; Pa
- ρ: densidad del aire; 0,93 Kg/m³ en la ciudad de Arequipa
- n: exponente que depende de la geometría de las ranuras; n=2

En resumen:

$$Q = 0,88 * S * \Delta P^{0,5}$$

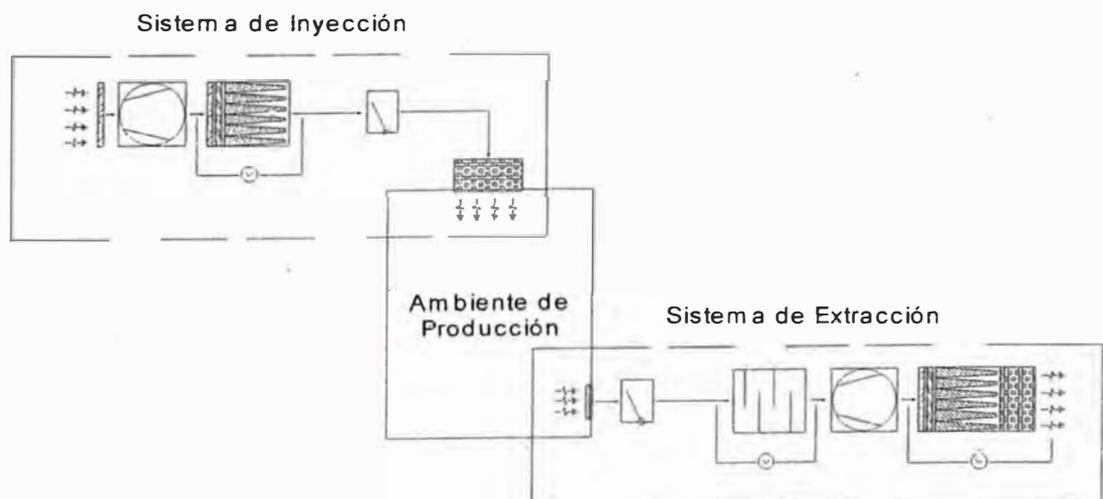
Para la fuga de aire a través de una puerta (0,0228 m²) y una diferencia de presión de 12 Pa se obtiene 250 m³/h (150 cfm). Si la puerta cuenta con una

rejilla (14"x8") de regulación de presión o caudal se logra obtener un caudal de 340 m³/h (200 cfm) para mantener los 12 Pa de diferencial de presión.

2.14. Componentes de un sistema de ventilación y filtración de aire para una sala limpia de producción farmacéutica

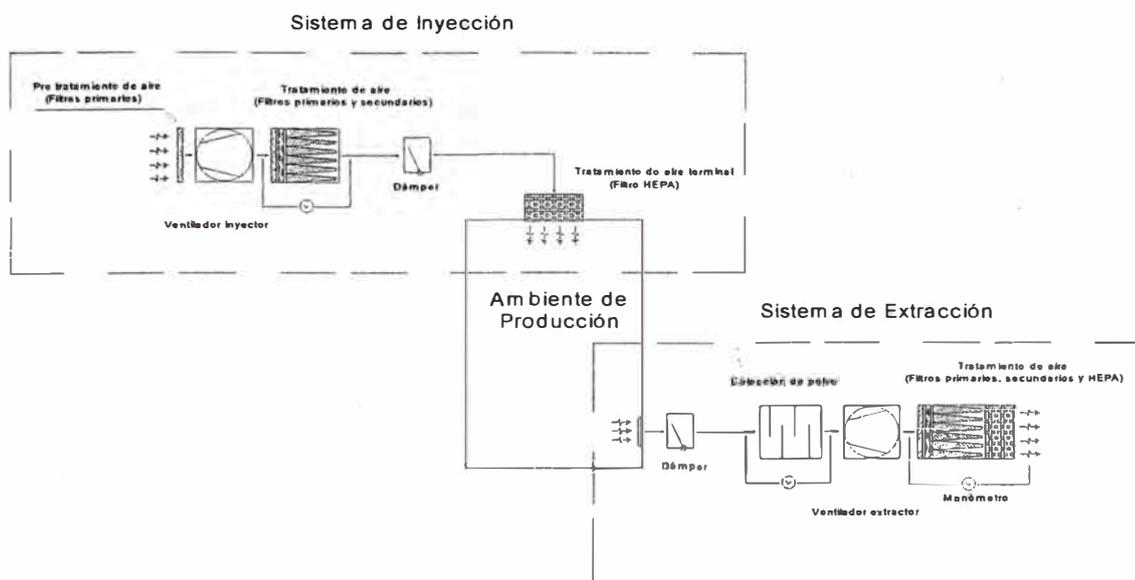
El sistema de ventilación y filtración de aire es de renovación total y está compuesto por un sistema de inyección y extracción con tratamientos de aire respectivamente, los cuales trabajan de manera conjunta para establecer las condiciones deseadas dentro de los ambientes de la sala limpia.

Figura N°2.15: Sistema de inyección y extracción de aire a renovación total



Fuente: Propia

Figura N°2.16: Componentes del sistema de ventilación y filtración de aire a renovación total



Fuente: Propia

2.14.1. Sistema de Inyección de aire.

Este sistema está compuesto por pre filtros, filtros, equipo, sistemas de ducterías, etc.; los cuales establecen las condiciones que se desean dentro de los ambientes de producción farmacéutica. Estos elementos son compatibles, están adecuadamente instalados y cada uno cumple plenamente su función.

2.14.1.1. Pre Filtros de aire fresco

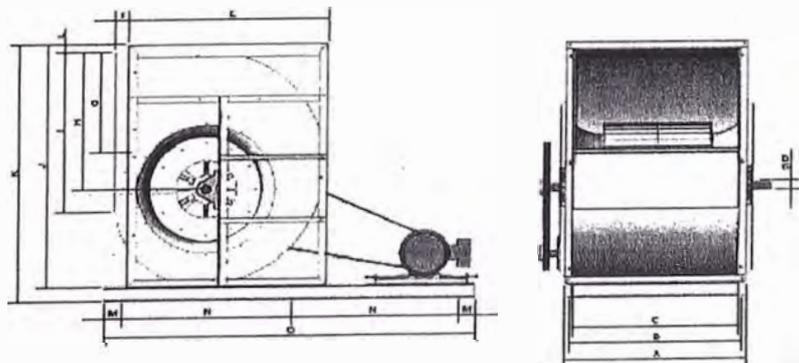
Son filtros primarios ubicados antes del ventilador inyector; su función es retener las primeras partículas de aire fresco y extender la vida media de los filtros en línea.

2.14.1.2. Ventilador inyector de aire

Es el componente del sistema que suministra la cantidad de aire específica venciendo los obstáculos del sistema (filtros, ductería, etc.) para establecer las condiciones requeridas en los ambientes de la sala limpia.

El ventilador inyector de aire no solo debe ser adecuadamente seleccionado y diseñado, sino correctamente instalado y mantenido en el tiempo.

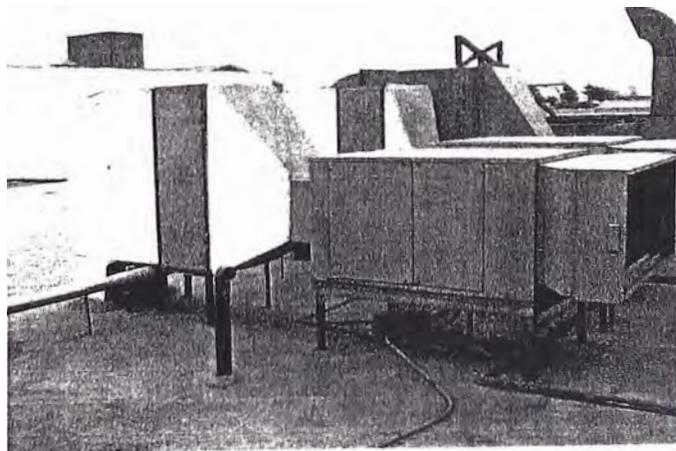
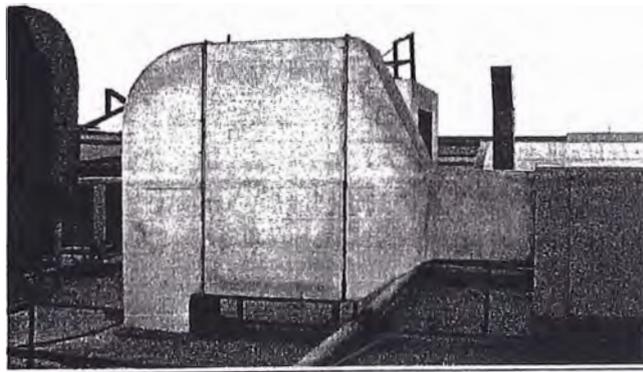
Figura N°2.17: Ventilador inyector de aire



2.14.1.3. Banco de filtros en línea

Es un gabinete donde se encuentran los filtros primarios y secundarios. Se ubica físicamente en línea después del inyector y su finalidad es filtrar la mayor cantidad de partículas no deseables de mayor tamaño (hasta $2,0 \mu\text{m}$). Su eficiencia máxima es de 95%.

Figura N°2.18: Banco de Filtros en línea

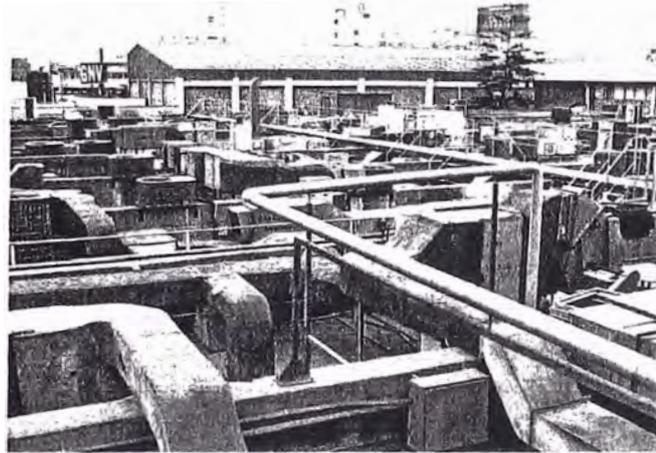


Fuente: Propia

2.14.1.4. Sistema de ductería metálica

Son los conductos por donde circula el aire de descarga hacia los ambientes.

Figura N°2.19: Sistema de ductería



Fuente: Propia

2.14.1.5. Filtro de aire terminal al ambiente

Son los filtros HEPA de alta eficiencia y retienen partículas mayores a $0,3 \mu\text{m}$ con una eficiencia mínima de 99,97%.

2.14.2. Sistema de Extracción de aire

Este sistema está compuesto por pre filtros, filtros, equipo, sistemas de ducterías, etc. que permiten extraer el aire con las condiciones de salubridad de los ambientes.

La coordinación del sistema de inyección y extracción de aire permite establecer los parámetros de gradientes de presión en los ambientes.

Al igual que el sistema de inyección estos elementos son compatibles, están adecuadamente instalados y cada uno cumple plenamente su función

2.14.2.1. Rejillas de extracción

Son los elementos por donde se extrae el aire. Dependiendo del barrido completo del aire en el ambiente se ubican físicamente en las paredes a nivel de piso (a 25 cm) o en el techo.

Figura N°2.20: Rejillas de extracción de aire



Fuente: Catálogo ACS

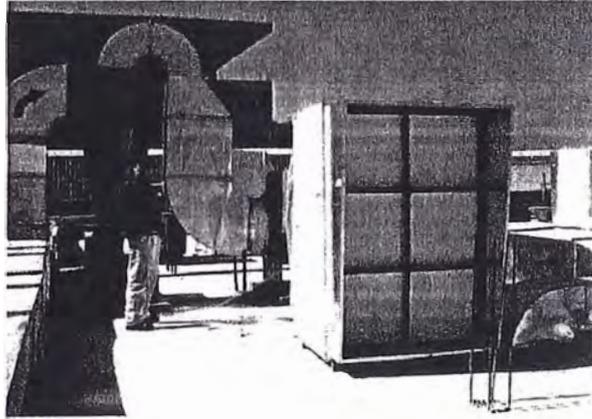
2.14.2.2. Sistema de ductería metálica

Al igual que en el sistema de inyección son los conductos por donde circula el aire de extracción hacia el exterior

2.14.2.3. Banco de filtros de inyección en línea

Es el gabinete donde se encuentran los filtros primarios, secundarios y HEPA. Se ubica físicamente en línea después del extractor y su finalidad es filtrar las partículas más pequeñas a una alta eficiencia para evitar la contaminación del medio exterior.

Figura N°2.21: Banco de filtros en línea en sistema de extracción de aire



Fuente: Propia

2.14.2.4. Ventilador extractor de aire

Es el componente del sistema que extrae la cantidad de aire específica venciendo los obstáculos del sistema (filtros, ductería, etc.).

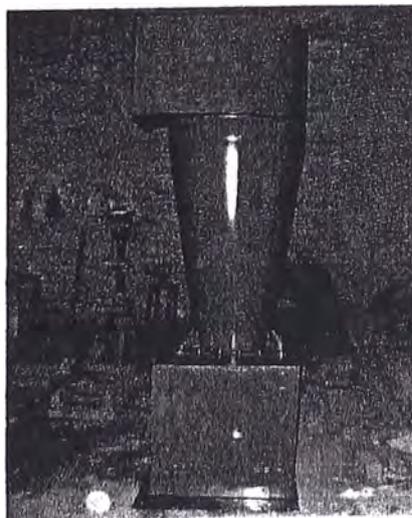
El ventilador extractor de aire no solo debe ser adecuadamente seleccionado y diseñado, sino correctamente instalado y mantenido en el tiempo.

Técnicamente el extractor e inyector son ventiladores centrífugos cuya función de extraer o inyectar depende de la forma como se instala en el sistema.

2.14.2.5. Unidad de colección de polvo

Es el componente del sistema de extracción ubicado antes ventilador extractor y su finalidad es retener las partículas más grandes ($100\ \mu\text{m}$) del sistema.

Figura N°2.22: Colector de Polvo tipo Ciclón



Fuente: Taller Hispania

2.15. Procedimiento de cálculo

El cálculo del sistema de ventilación y filtración de aire se realiza en los siguientes pasos:

- a) Cálculo de volúmenes de aire en los ambientes, de acuerdo a las dimensiones físicas

Se calcula los volúmenes de cada ambiente:

$$Vol \equiv L_1 * L_2 * h$$

Donde:

Vol	:	Volumen del ambiente; m ³
L ₁	:	Lado N° 1 del ambiente; m.
L ₂	:	Lado N° 2 del ambiente; m.
h	:	Altura del ambiente; m.

- b) Cálculo de caudal de aire requerido para los ambientes, por el método de renovaciones por hora

El número de renovaciones por hora determina el caudal de aire requerido para cada ambiente:

$$Q = N^{\circ} Re\ nov * Vol$$

Donde:

Q : Caudal de aire requerido para el ambiente; m^3/h .

Nº Renov : Número de renovaciones por hora del ambiente; 1/h.

El número de renovaciones por hora es un parámetro de entrada definido para cada ambiente.

Vol : Volumen del ambiente; m^3 .

c) Agrupación de ambientes para el sistema de ventilación

Conociendo el caudal de aire para ambiente se agrupan los ambientes equitativamente, en dimensión, para lograr establecer capacidades análogas que nos servirán para la selección de los equipos de ventilación.

d) Determinación de parámetros para selección de rejillas metálicas de extracción y difusores de inyección de aire

➤ **Selección de rejillas de extracción de aire:**

Las rejillas se seleccionan con el caudal y velocidad de extracción.

La Tabla Nº 2.1, de Carrier, nos muestra las recomendaciones de velocidad de aire en rejillas. Seleccionamos una velocidad de extracción de 4,0 m/s.

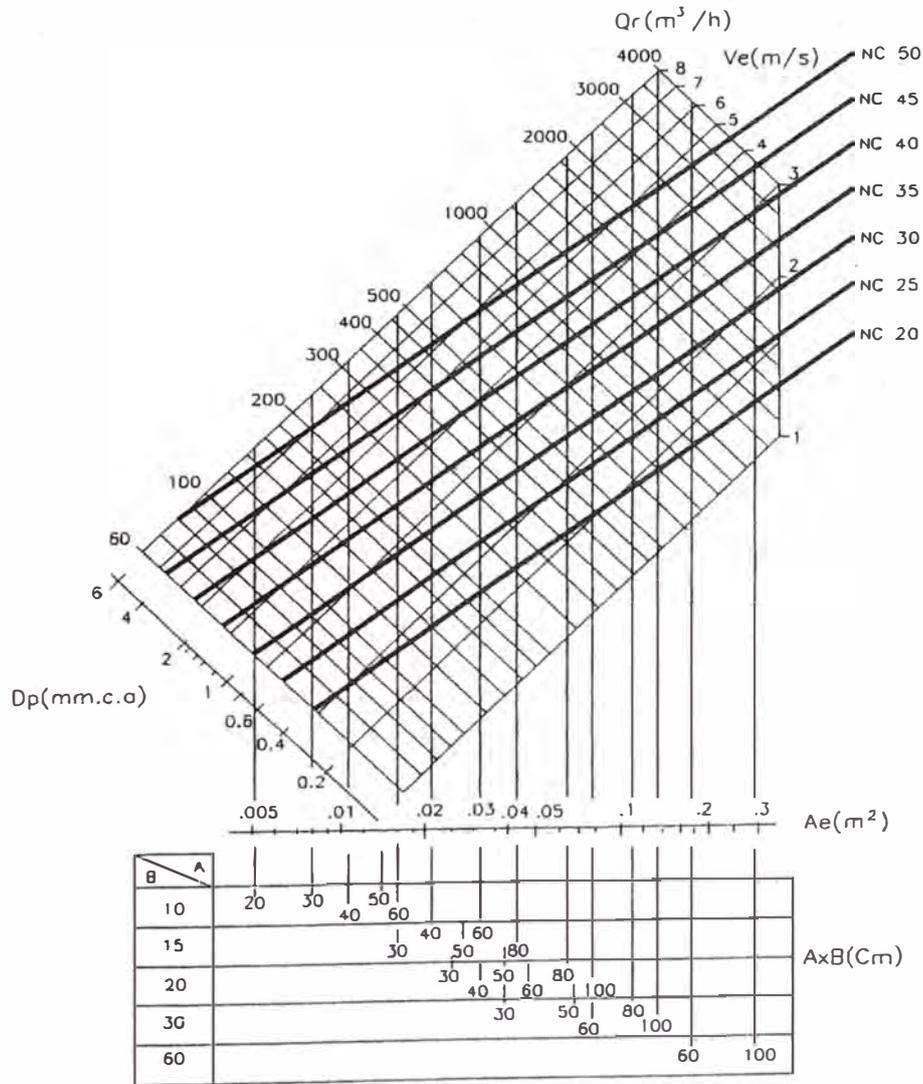
Tabla N°2.1: Velocidad de aire en tomas de rejillas de extracción

Item	Ubicación de la Rejilla	Velocidad sobre sección bruta (m/s)
1	Locales comerciales	
	Por encima de las zonas ocupadas	$\geq 4,0$
	Dentro de las zonas ocupadas, no cerca de los asientos	3 m/s - 4 m/s
	Dentro de las zonas ocupadas, cerca de los asientos	2 m/s - 3 m/s
	Rejillas de puerta o pared	2,5 m/s - 5 m/s
2	Aberturas en la parte inferior de la puerta	4 m/s
3	Locales industriales	$\geq 4,0$
4	Locales residenciales	2 ms

Fuente: Manual de aire acondicionado. Carrier Air Conditioning Company

Utilizamos la Figura N° 2.23 para la selección de rejillas, el cruce de la línea de caudales y velocidades nos determina el tamaño de las rejillas.

Figura N°2.23: Selección de rejillas de aire



Fuente: Catálogo ACS

➤ **Selección de rejillas de tránsito entre puerta:**

De acuerdo a los diferenciales de presión se determina el caudal de aire de tránsito entre puertas de ambientes contiguos. Para un

diferencial de presión, recomendado por FED STD 209, de 12 Pa se obtiene un caudal de 340 m³/h entre puertas. De la Tabla N° 2.1 seleccionamos una velocidad de 2.5 m/s.

Utilizamos la Figura N° 2.24 para la selección de rejillas de puerta, el caudal entre puertas y la velocidad nos determina el tamaño de la rejilla.

Figura N°2.24: Selección de rejillas de puerta

SECCION EFICAZ-VELOCIDAD EFECTIVA-CAIDA DE PRESION-NIVEL DE POTENCIA SONORA											
	AxB (Cm)	30x10 20x15	40x10 30x15 20x20	40x15 30x20	50x15 35x20	40x20 30x25	50x20 40x25	60x20 50x25 40x30	60x25 50x30	60x35 50x40	70x40 60x50
Qr(m³/h)	Ae(m²)	0.0156	0.0208	0.0310	0.0390	0.0448	0.0560	0.0684	0.0855	0.0122	0.1652
50	Ve	0.9	0.7	0.4							
	Δ Op	0.6	0.4	0.35							
	Nc	19.0	12.0	4.0							
60	Ve	1.1	0.8	0.5	0.4						
	Δ Op	0.9	0.6	0.4	0.2						
	Nc	24.0	17.0	7.0							
70	Ve	1.2	0.9	0.6	0.5	0.4					
	Δ Op	1.2	0.7	0.5	0.2	0.2					
	Nc	28.0	21.0	11.0	5.0						
80	Ve	1.4	1.1	0.7	0.6	0.5					
	Δ Op	1.6	0.9	0.6	0.3	0.2					
	Nc	31.0	24.0	14.0	8.0	5.0					
90	Ve	1.6	1.2	0.8	0.6	0.6	0.4				
	Δ Op	2.0	1.2	0.8	0.4	0.3	0.2				
	Nc	34.0	27.0	16.0	11.0	8.0					
100	Ve	1.8	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4			
	Δ Op	2.5	1.4	0.9	0.4	0.3	0.2	0.1			
	Nc	36.0	29.0	19.0	14.0	11.0	5.0				
120	Ve	2.1	1.6	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5			
	Δ Op	3.6	2.0	1.3	0.6	0.4	0.3	0.2			
	Nc	41.0	34.0	25.0	18.0	15.0	9.0				
140	Ve	2.5	1.9	1.3	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5		
	Δ Op	4.9	2.8	1.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2		
	Nc	45.0	38.0	29.0	22.0	19.0	13.0	8.0			
160	Ve	2.8	2.1	1.4	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5		
	Δ Op	6.5	3.6	2.5	1.0	0.8	0.5	0.3	0.2		
	Nc	48.0	41.0	35.0	25.0	22.0	17.0	12.0	6.0		
180	Ve	3.2	2.4	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.4	
	Δ Op	8.2	4.6	3.1	1.3	1.0	0.6	0.4	0.3	0.1	
	Nc	51.0	44.0	37.0	28.0	25.0	20.0	15.0	9.0		
200	Ve		2.4	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	Δ Op		5.7	3.7	1.6	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2	
	Nc		47.0	39.0	31.0	28.0	22.0	17.0	12.0		
250	Ve		2.4	2.2	1.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
	Δ Op		8.8	5.6	2.5	1.9	1.2	0.8	0.5	0.3	0.1
	Nc		52.0	44.0	37.0	33.0	27.0	23.0	17.0	8.0	
300	Ve			2.2	2.1	1.9	1.5	1.2	1.0	0.7	0.5
	Δ Op			7.4	3.6	2.7	1.8	1.2	0.7	0.4	0.2
	Nc			53.0	41.0	38.0	32.0	27.0	22.0	15.0	5.0
350	Ve				2.5	2.2	1.7	1.4	1.1	0.8	0.6
	Δ Op				4.9	3.7	2.4	2.4	1.0	0.5	0.3
	Nc				45.0	42.0	35.0	31.0	26.0	17.0	9.0
400	Ve				2.5	2.5	2.0	1.6	1.3	0.9	0.7
	Δ Op				6.4	4.8	3.1	2.1	1.3	0.7	0.4
	Nc				48.0	45.0	39.0	34.0	29.0	20.0	13.0
500	Ve				2.5	2.5	2.5	2.0	1.6	1.1	0.8
	Δ Op				10.0	7.6	4.9	3.3	2.1	1.0	0.5
	Nc				54.0	50.0	45.0	40.0	34.0	26.0	18.0
600	Ve						2.5	2.4	1.9	1.1	1.0
	Δ Op						7.0	4.7	3.0	1.5	0.8
	Nc						49.0	44.0	39.0	30.0	23.0
700	Ve						2.5	2.4	2.3	1.4	1.2
	Δ Op						9.5	6.4	4.1	2.0	1.1
	Nc						53.0	48.0	43.0	34.0	27.0
800	Ve							2.4	2.6	1.6	1.3
	Δ Op							8.4	5.3	2.6	1.4
	Nc							52.0	45.0	37.0	30.0
900	Ve							2.4	2.6	1.8	1.5
	Δ Op							8.4	6.8	3.4	1.8
	Nc							52.0	49.0	40.0	33.0
1000	Ve								2.6	2.1	1.7
	Δ Dr								8.3	4.1	2.3
	Nc								52.0	43.0	35.0
1200	Ve									2.3	2.0
	Δ Op									6.0	3.2
	Nc									47.0	40.0
1400	Ve									2.3	2.4
	Δ Op									8.1	4.4
	Nc									51.0	44.0
1600	Ve										2.7
	Δ Op										5.7
	Nc										47.0

Fuente: Catálogo ACS

➤ **Selección de difusores de aire:**

Los difusores se seleccionan con la velocidad de inyección y el nivel de ruido en la descarga de aire. La Tabla N° 2.2, nos muestra las recomendaciones de velocidad de salida en bocas de descarga y seleccionamos una velocidad de 4,0 m/s. La Tabla N° 2.3 nos muestra rango de niveles de ruido recomendado para el control de ruido en ambientes y seleccionamos un NC 30-40.

Tabla N°2.2: Velocidad de aire en bocas de descarga de difusores

Item	Ubicación del difusor	Velocidad de descarga (m/s)
1	Estudio de radiodifusión	1,5 m/s - 2,5 m/s
2	Residencias	2,5 m/s - 4,0 m/s
3	Apartamentos	2,5 m/s - 4,0 m/s
4	Iglesias	2,5 m/s - 4,0 m/s
5	Dormitorios de hotel	2,5 m/s - 4,0 m/s
6	Teatros	2,5 m/s - 4,0 m/s
7	Oficinas particulares, tratadas acústicamente	2,5 m/s - 4,0 m/s
8	Oficinas particulares, no tratadas	2,5 m/s - 4,0 m/s
9	Salas de cine	5,0 m/s
10	Oficinas públicas	5,0 m/s - 6,5 m/s
11	Almacenes comerciales, plantas superiores	7,5 m/s
12	Almacenes comerciales, planta principal	10,0 m/s

Fuente: Manual de aire acondicionado. Carrier Air Conditioning Company

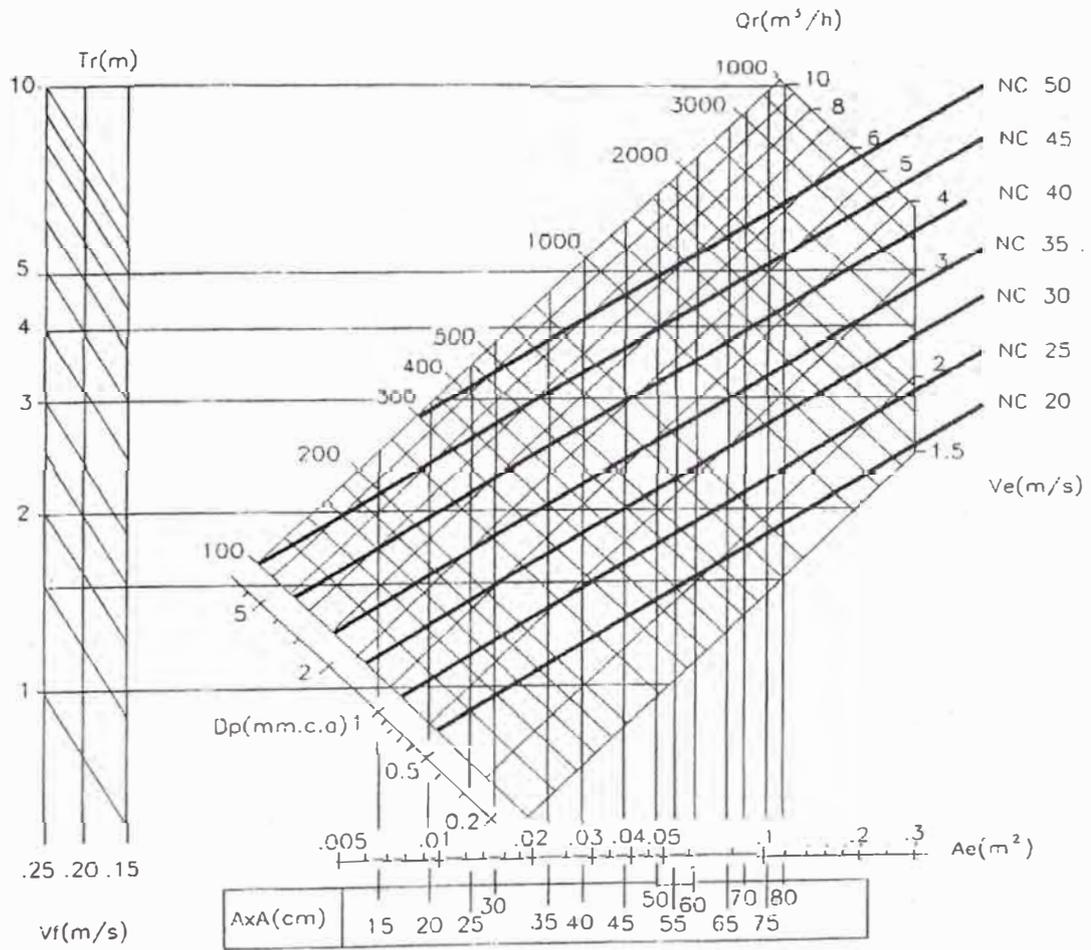
Tabla N°2.3: Rangos para control de ruido en sistemas de acondicionamientos de aire

Tipo de área	Rango de niveles sonoros, Decibeles	Rango de curvas de Criterio NC	Tipo de área	Rango de niveles sonoros, Decibeles	Rango de curvas de Criterio NC
RESIDENCIAS Viviendas privadas (rurales y suburbanas) viviendas privadas (urbanas) Edificios de departamento, unidades de 2 y 3 familias	25-35 30-40 35-45	20-30 25-35 30-40	IGLESIAS Y ESCUELAS (Continuación) Laboratorios Salas de Jugos Corredores y vestíbulos cocinas	40-50 40-55 40-55 45-55	35-45 35-50 35-50 40-50
HOTELES Habitaciones individuales o suites Salones de baile o para banquetes Vestíbulos y corredores, recibidores Cocheras Cocinas y lavanderías	35-45 35-45 40-50 45-55 45-55	30-40 30-40 35-45 40-50 40-50	EDIFICIOS PUBLICOS Bibliotecas Públicas, museos, juzgados Oficinas de correo, zonas bancarias en general, recibidores Cuartos de lavado y sanitarios Cuartos de lavado y sanitarios	35-45 40-50 45-55 45-55	30-40 35-45 40-50 40-50
HOSPITALES Y CLÍNICAS Cuartos privados Quirófanos, antesalas Laboratorio, vestíbulos y corredores Recibidores y salas de espera Cuartos de lavado y sanitarios	30-40 35-45 40-50 45-55	25-35 30-40 35-45 40-50	RESTAURANTES, CAFETERÍAS, CLUBES Restaurantes Barras Clubes nocturnos Cafeterías	40-55 40-55 40-50 45-55	35-45 35-50 35-45 40-50
OFICINAS Sala de consejo Salas de conferencias Oficinas ejecutivas Oficinas de supervisores, salas de recepción Oficinas abiertas generales, salas de dibujo Vestíbulos y corredores Tabulación y computación	25-35 30-40 35-45 35-50 40-50 40-55 45-65	20-30 25-35 30-40 30-45 35-45 35-50 40-60	TIENDAS DE MENUDEO Tiendas de ropa Tiendas de departamento (pisos superiores) Tiendas de departamento (planta baja) Tiendas pequeñas Supermercados	35-45 45-55 45-55	35-45 40-50 40-50
AUDITORIOS Y SALAS DE MÚSICAS Salas de concierto y ópera Estudios para reproducción sonora Teatros, salas de uso múltiple cines, salas de TV Anfiteatros semi-al aire libre Salas de conferencias, planetarios Recibidores	20-30 30-35 35-45 40-50	15-25 25-30 30-35 35-45	ACTIVIDADES DEPORTIVAS BAJO TECHO Coliseos Pistas de boliche, gimnasios Albercas TRANSPORTE (FERROCARRIL, AUTOBUS, AEREO) Taquillas de boletos Salas de espera y de reposo	35-45 40-50 45-60 35-45 40-55	30-40 35-45 40-55 30-40 35-50
IGLESIAS Y ESCUELAS Iglesias Librerías Escuelas y salones de clase	25-35 35-45 35-45	20-30 30-40 30-40	CUARTOS DE MÁQUINAS Para exposiciones menores de 8h/día para exposiciones enores de 3h/día	<90 <97	

Fuente: ASHRAE, Handbook & Product Directory 1976

Utilizamos la Figura N° 2.25 para la selección de difusores, el cruce de la línea de caudales y nivel sonoro nos determina el tamaño de los difusores.

Figura N°2.25: Selección de difusores de descarga de aire



Fuente: Catálogo ACS

e) Determinación de parámetros para selección de filtros de aire.

Los filtros de aire los seleccionamos por el caudal, eficiencia de filtración, disponibilidad y mejor precio. Utilizamos los gráficos de los catálogos de ACS.

f) Determinación del tramo de ductería utilizando el método de caída de presión constante

Para determinar los tamaños de los ductos consideramos una caída de presión constante de 0,1 pulgadas por cada 100 pies de longitud.

Con los caudales de circulación de aire para cada ambiente y el recorrido de ductos utilizamos un ductulador (Ver Figura N°2.36), que de acuerdo a la caída de presión ya establecida, nos indica la dimensión cada tramo de los ductos.

$$\Delta PI = 0,10/100 * L$$

Donde:

ΔPI : Caída de presión en el tramo lineal de ducto, pulgadas.

L : Longitud del tramo lineal de ducto, pie.

Figura N° 2.36: Ductulador



Fuente: Ductulador marca Greenheck

g) Determinación de la caída de presión en el sistema de ventilación.

La caída de presión total en el sistema de ventilación es la suma de las caídas presión de cada tramo y/o componente del sistema: tramo lineal de ducto, conexiones, transiciones, codos y banco de filtros.

- En los tramos lineales de ductos la caída presión es constante y es de 0,1 pulgadas por cada 100 pies de longitud.
- En los codos, transiciones y derivaciones la caída de presión se determina utilizando los gráficos correspondientes.
- En los filtros la caída de presión se determina usando los catálogos de selección.

Como el sistema trabaja a 2 538 m.s.n.m. la densidad del aire disminuye; ya que existe menos masa de aire por cada unidad de volumen. El Cuadro N° 2.9 muestra las condiciones climatológicas de Arequipa en el año 2 005 donde se observa el descenso de la densidad del aire en comparación con la de Lima.

Cuadro N° 2.9: Condiciones climatológicas promedio de Arequipa en el año 2 005

Item	Parámetros del aire	Unidades	Lima	Arequipa
1	Altitud	msnm	12.00	2538.00
2	Presión	mm Hg	752.00	576.00
		mb	1002.74	768.06
		KPa	100.27	76.81
3	Temperatura	°C	21.80	14.80
		°K	294.95	287.95
4	Humedad relativa	%	80.11	35.40
5	Densidad	Kg/m3	1.18	0.93

Fuente: Senamhi

Corrección de la caída de presión por el efecto de altitud

La caída de presión total se corrige aplicando utilizando la ecuación de los gases ideales:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 * \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Donde:

ΔP_2 : Caída de presión por fricción corregida para 2 538 msnm; m c.aire.

ΔP_1 : Caída de presión calculada; m c.aire.

T_1 : Temperatura promedio a nivel del mar: 294,95°K

T_2 : Temperatura promedio a 2 538 msnm: 287,95°K

h) Determinación de parámetros para la selección de los equipos de Ventilación

Para la selección de los ventiladores se necesita conocer el caudal, la caída de presión por fricción en el sistema y la potencia. Como los ventiladores van a trabajar en Arequipa se necesita conocer la potencia del motor eléctrico para que trabaje a una altitud de 2 538 msnm.

Para el cálculo de potencia del motor eléctrico se aplica la siguiente ecuación:

$$P_{me} = f_c * \frac{P_m}{e_{ft}}$$

Donde:

$$P_m = \rho * g * Q * \Delta P$$

$$e_{ft} = e_{ftm} * e_{ftr} * e_{fe}$$

$$\rho = f_d * \rho_{alt}$$

En resumen:

$$P_{me} = \frac{f_c * f_d * \rho_{alt} * g * Q * \Delta P}{e_{ftm} * e_{ftr} * e_{fe}}$$

P_{me} : Potencia de motor eléctrico; W.

f_c : Factor de corrección del motor eléctrico a 2 538 msnm

ρ : Densidad del aire corregido; en Kg/m³

- f_d : Factor de corrección de la densidad del aire por transporte neumático; en Kg/m^3
- ρ_{alt} : Densidad del aire en Arequipa; $0,93 \text{ Kg}/\text{m}^3$
- Q : Caudal del aire; en m^3/s
- ΔP : Caída de presión corregida a 2 538 msnm, en m c. aire
- e_{ft} : Eficiencia de total del equipo
- e_{ftm} : Eficiencia de la turbomáquina; 70%
- e_{ftr} : Eficiencia de la transmisión; 90%
- e_{efe} : Eficiencia eléctrica; 95%

Factor de corrección de la densidad por transporte neumático (f_d)

En el sistema de extracción el aire que se extrae es una mezcla de aire con producto farmacéutico; por lo que la densidad sufre un incremento debido.

Estrictamente para determinar la densidad del aire que se extrae se tiene que conocer la cantidad de producto que se extrae por cada unidad de volumen. Por fines prácticos en el estudio se considera un factor de 1,05 para la corrección de la densidad.

$$f_d = 1,05$$

Para el sistema de inyección de aire la densidad de aire el factor de corrección es de 1,00.

Factor de corrección del motor eléctrico por la altura (fc)

Cuando los motores eléctricos trabajan a cierta altitud sobre el nivel del mar se ven afectados en su eficiencia ya que la cantidad de masa de aire que circula, por su perímetro para permitir su ventilación, disminuye.

Para la corrección de la potencia del motor eléctrico se utiliza la información técnica de la marca Siemens que corrige la potencia nominal del motor eléctrico a cierta altura y temperatura sobre el nivel del mar. El Cuadro N° 2.10 muestra la eficiencia o capacidad admisible del motor cuando trabaja a una cierta altura y temperatura. Por encima de esos valores se corrige la potencia del motor.

Cuadro N° 2.10: Corrección de la Potencia nominal del motor eléctrico marca Siemens por la altitud y temperatura

Item	Temperatura °C	Altura msnm	Capacidad admisible %
1	30	1000	100
2	35	1500	98
3	40	2000	95
4	45	2500	91
5	50	3000	87
6	55	3500	83
7	60	4000	78

Fuente: Catálogos Siemens

Según Siemens; no es necesario reducir la capacidad nominal, si la temperatura ambiente está por debajo de los valores del siguiente Cuadro N° 2.11.

Cuadro N° 2.11: Parámetros máximos de trabajo del motor Siemens

Item	Altura msnm	Temperatura °C
1	1000	40
2	1500	38
3	2000	35
4	2500	33
5	3000	30
6	3500	28
7	4000	25

Fuente: Catálogos Siemens

Se observa que no es necesario corregir la potencia del motor eléctrico para trabajar en Arequipa; ya que la temperatura promedio es 14,8 °C a 2 538 metros sobre el nivel del mar.

$$f_c = 1,0$$

Potencia de motor eléctrico para los ventiladores inyectores

Al reemplazar los valores para el cálculo de la potencia del motor eléctrico se obtiene:

$$P_{me} = \frac{f_c * f_d * \rho_{alt} * g * Q * \Delta P}{\eta_{fm} * \eta_{fr} * \eta_{fe}}$$

$$P_{me} = \frac{1,0 * 1,0 * 0,93 * 9,81 * Q * \Delta P}{0,70 * 0,90 * 0,95}$$

$$P_{me} = 15,24 * Q * \Delta P$$

Donde:

Q : Caudal del aire; en m³/s

ΔP : Caída de presión corregida en Arequipa, en m c.aire

Potencia de motor eléctrico para los ventiladores extractores

Al reemplazar los valores para el cálculo de la potencia del motor eléctrico se obtiene:

$$P_{me} = \frac{f_c * f_d * \rho_{alt} * g * Q * \Delta P}{e_{fm} * e_{fr} * e_{fe}}$$

$$P_{me} = \frac{1,0 * 1,05 * 0,93 * 9,81 * Q * \Delta P}{0,70 * 0,90 * 0,95}$$

$$P_{me} = 16,0 * Q * \Delta P$$

Donde:

Q : Caudal del aire, en m³/s

ΔP : Caída de presión corregida en Arequipa, en m c.aire

i) Especificaciones técnicas de los equipos de ventilación

Para la selección de los ventiladores se conocen el caudal de aire, la caída de presión por fricción en el sistema y la potencia del motor eléctrico.

j) Especificaciones técnicas de los colectores de polvo

Seleccionamos los colectores de polvo de acuerdo al caudal, tamaño de partícula de productos extraído y eficiencia de colección el cual nos da el fabricante.

Para nuestro caso el cliente Naturgen informó un tamaño promedio de partículas de polvo a extraer de 100 micras.

2.16. Dinámica del flujo de aire

El conocimiento de la dinámica de los fluidos permite la selección adecuada de los ventiladores, filtros, difusores, rejillas y elementos de control.

2.16.1. Ecuación de la energía de flujo

Cuando se aplica el principio de balance de energía a flujo en un ducto o en un tubo entre dos puntos de referencia (Ver Figura N° 2.26) se enuncia lo siguiente:

$$E1 + Eag - Eper = E2$$

O bien:

$$E1 + Eag = E2 + Eper$$

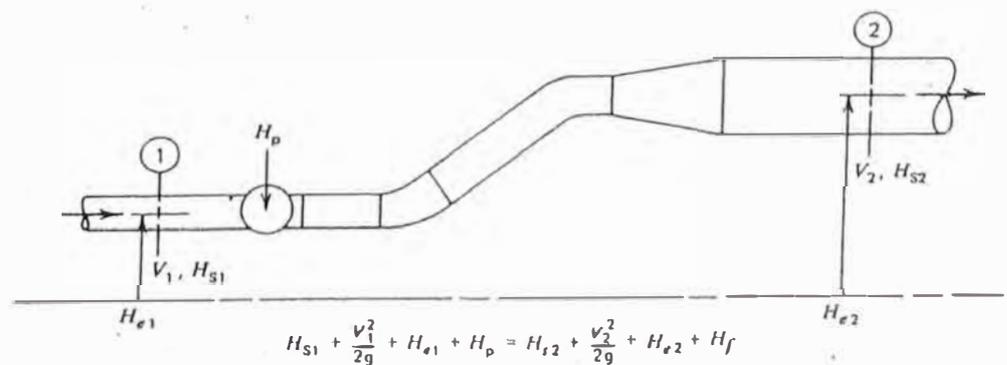
Donde:

$E1, E2$: Energía almacenada en el fluido en los puntos 1 y 2.

Eag : Energía agregada al fluido entre los puntos 1 y 2.

$Eper$: Energía perdida por el fluido entre el punto 1 y 2.

Figura N°2.26: Ecuación de la energía de flujo aplicada a dos puntos



Fuente: Acondicionamiento de aire. Edward G. Pita.

La energía del fluido en cualquier punto consiste de presión, velocidad (energía cinética) y elevación (energía potencial). La energía agregada puede ser la de un ventilador o bomba. La energía perdida se debe a la fricción. Puede haber cambios de energía por cambios de temperatura, pero en general son pequeños y se ignoran.

Cuando aplicamos el balance de energía en forma de ecuación tenemos la ecuación generalizada de flujo o la ecuación generalizada de Bernoulli:

$$E_1 + E_{ag} = E_2 + E_{per}$$

$$H_{s1} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{e1} + H_p = H_{s2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{e2} + H_f$$

Donde:

H_s : Presión estática del fluido (presión en reposo)

$\frac{V^2}{2g}$; Presión de velocidad

H_e : Elevación

E_{ag} : Presión agregada por el ventilador o bomba

H_f : Pérdida de presión en el ducto debido a la fricción.

La energía del fluido en cualquier punto consiste de presión, velocidad (energía cinética) y elevación (energía potencial). La energía agregada puede ser la de un ventilador o bomba. La energía perdida se debe a la fricción. Puede haber cambios de energía por cambios de temperatura, pero en general son pequeños y se ignoran.

Cuando aplicamos el balance de energía en forma de ecuación tenemos la ecuación generalizada de flujo o la ecuación generalizada de Bernoulli:

$$E_1 + E_{ag} = E_2 + E_{per}$$

$$H_{s1} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{e1} + H_p = H_{s2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_{e2} + H_f$$

Donde:

H_s : Presión estática del fluido (presión en reposo)

$\frac{V^2}{2g}$: Presión de velocidad

H_e : Elevación

E_{ag} : Presión agregada por el ventilador o bomba

H_f : Pérdida de presión en el ducto debido a la fricción.

2.16.2. Movimiento de fluidos

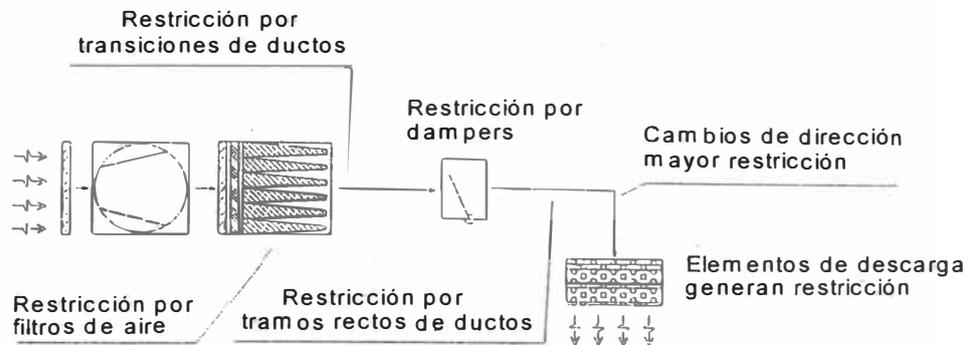
El movimiento de un fluido se debe a una diferencia de presión originada por el incremento de algún punto en su recorrido del flujo. Este incremento es ocasionado generalmente por un ventilador o por un cambio en la densidad del flujo ocasionado por una diferencia en temperatura.

Si el movimiento mecánico es realizado por un ventilador el aire se pondrá en movimiento y si se le permite colocar un ducto en su descarga, para dar sentido y distribución al flujo de aire, entonces la energía requerida por el ventilador aumentará debido a la resistencia adicional del sistema de ductos.

2.16.3. Resistencia al flujo

La resistencia al movimiento del aire en un sistema de ductos (Ver Figura N° 2.27) tiene varias causas. Primero la fricción del aire al moverse sobre las paredes del ducto, aún en un ducto recto el aire no fluye de un modo uniforme sino que se mueve más bien en la forma de flujo turbulento.

Figura N°2.27: Ventilador y sistema de ductos



Fuente: Propia

Los ductos flexibles, metálicos y de fibra de vidrio tienen efectos de fricción diferentes entre sí, el cual depende de su estructura superficial. Las restricciones o cambios en la sección del ducto exigen más presión para aumentar la velocidad del aire y así mantener el volumen de flujo igual. Por ejemplo en un codo de 90° se necesita un empuje adicional para hacer que el aire cambie de dirección. Restricciones como filtros de aire, equipos, rejillas y difusores también aumentan la presión requerida para mantener un flujo constante.

Se tiene tres formas de presiones: La presión estática (P_s), la presión de velocidad (P_v) y la presión de estancamiento (P_o).

La presión estática (P_s) es la presión ejercida por el aire contra las paredes del ducto en todas las direcciones. Se puede interpretar

como una presión que trata de inflar el ducto. Puede ser positiva (+) en el lado de descarga del ventilador o negativa (-) en el lado de succión. La presión de velocidad (P_v) es la presión debida al flujo. Se puede interpretar como el empuje o impacto necesario para desplazar el aire. La presión de estancamiento (P_o) es la suma de las presiones estáticas y de velocidad en el punto en que se mida.

$$P_o = P_s + P_v$$

Donde:

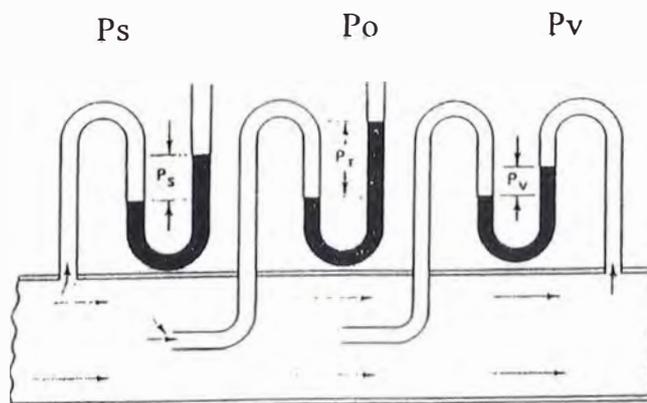
P_t : Presión de estancamiento.

P_s : Presión estática.

P_v : Presión de velocidad.

Con un manómetro de tubo en U se ilustran las medidas de estas presiones. Ver Figura N° 2.28.

Figura N° 2.28: Medición de presiones en tramo de ductos

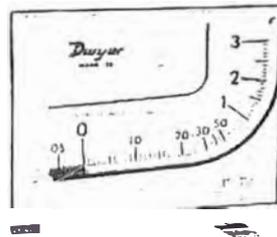


Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

2.16.4. Instrumentos para medir flujos de aire

La presión en un sistema de ductos es medida frecuentemente con un manómetro inclinado (Figura N° 2.29), el cual dispone de conexión de dos mangueras para instalar en las paredes de los ductos y medir la diferencia de presiones. Este manómetro está lleno de un líquido (Glicerina) que es desplazado por presiones ejercidas en cualquiera de los extremos. Una escala movable permite la poner en cero cuando está expuesto a la presión atmosférica solamente.

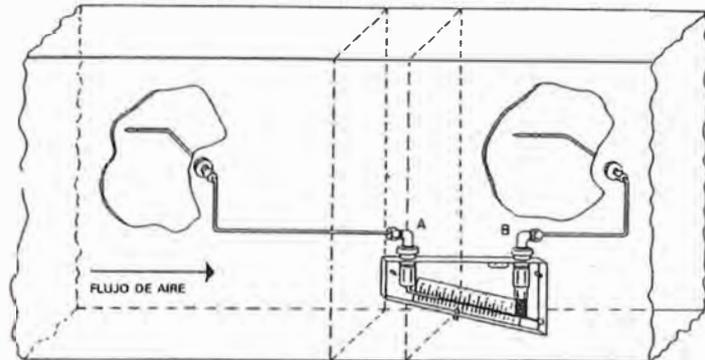
Figura N° 2.29: Manómetro de columna inclinada, marca Dwyer



Fuente: Catálogo Dwyer. Modelo Mark II.

Cuando se aplican presiones en ambos extremos de la conexión aparece en la escala una diferencia de presión que puede ser medida para el caso de un serpentín o filtro, como se muestra en la Figura N° 2.30. La presión estática total de un sistema podrá ser medida, aplicando una presión positiva en un extremo A del instrumento y en el otro extremo B.

Figura N° 2.30: Medición de variación de presión en sistemas



Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

Para tener un valor de la presión de velocidad en un punto es necesario conocer la velocidad del aire en base a la siguiente ecuación:

$$P_v = \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2gP_v}$$

Donde:

V : Velocidad del aire; m/s.

g : Unidad gravitacional; 9,8 m/s².

P_v : Presión de velocidad; m

En los sistemas HVAC no es necesario determinar la presión de velocidad, pero la velocidad en términos de desplazamiento o movimiento sí es importante porque está relacionada con el ruido y el balance del sistema.

El Manómetro diferencial de columna inclinada se utiliza también para medir los diferenciales de presión entre un espacio y otro y comprobar el sentido del flujo de aire.

El instrumento usado para medir la velocidad del aire es el anemómetro, el cual consiste en unas aspas montadas en un eje que gira cuando se introduce en una corriente de aire. Una vez determinada la velocidad el caudal de aire es hallado multiplicando el área neta del suministro por la velocidad. Ver Figura N° 2.31.

Figura N° 2.31: Anemómetro



Fuente: Catálogo Dwyer

Los conocimientos básicos sobre presiones, velocidad y el uso de instrumentos son útiles en diseño, balanceo y servicio del sistema de distribución de aire.

Se han desarrollado instrumentos que eliminan la necesidad de indicaciones de presión y cálculos, porque miden la cantidad real que sale por registros y/o parrillas individuales. Se utilizan para obtener la cantidad real de aire manejada por el sistema de ductos de distribución. La Figura N° 2.32 muestra uno de esos instrumentos llamado Balómetro (medidor de balance).

Figura N° 2.32: Balómetro



Fuente: Catálogo Accu .

2.16.5. Métodos para diseño de ductos.

La función básica de un tramo de ductos es llevar aire desde un equipo (climatizador, ventilador, etc.) hasta los distintos espacios que serán climatizados. Se tiene en cuenta el espacio disponible, los niveles de ruidos, las pérdidas por fricción, el costo inicial y los factores de transferencia o ganancia de calor.

Usualmente se utilizan tres métodos para diseñar ductos:

- Reducción de velocidad
- Igualación de fricciones
- Recuperación estática.

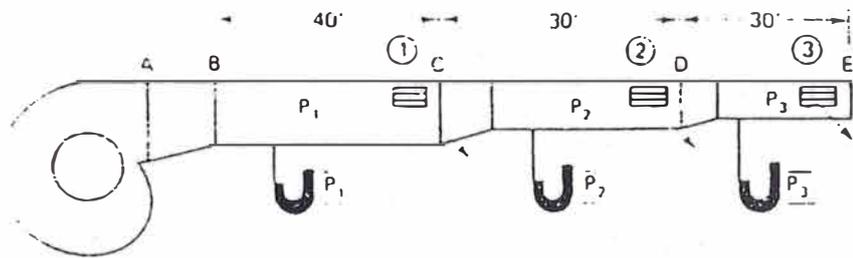
En nuestro estudio se utiliza el método de igualdad de fricciones o método de equifricciones.

Igualdad de fricciones

En el método de igualación de fricciones cada sección de ducto (Figura N° 2.33) está diseñada para tener la misma pérdida por fricción por cada longitud de ducto. No importa qué tan largas sean realmente las secciones P1, P2, P3, etc., ya que su pérdida por pie de longitud es constante. Este es el método de cálculo más utilizado hoy en día y es usado para calcular los ductos de inyección y extracción.

Este método es muy superior al de reducción de velocidad, ya que requiere menos balanceo en los sistemas similares y da como resultado ductos de tamaños más económicos.

Figura N° 2.33: Método igualdad de fricción

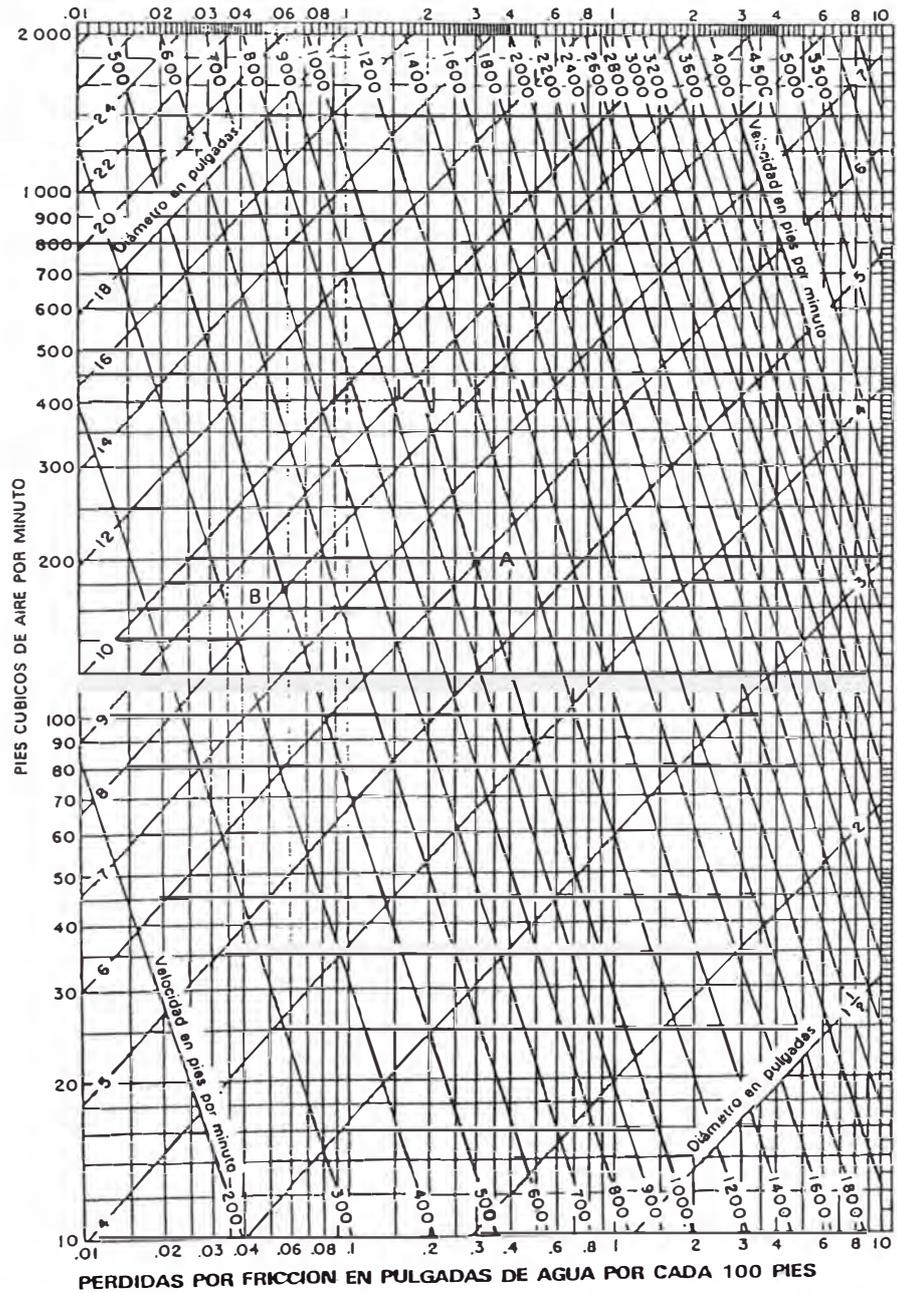


Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

2.16.6. Cartas de pérdidas por fricción.

La carta de pérdidas por fricción de ASHRAE (Figura N°2.33), es un gráfico en el que la coordenadas horizontales son las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por cada 100 pies de longitud equivalente de ducto circular y las verticales los pies cúbicos de aire por minuto (pies³/min) que transporta el ducto. Como resultado de estudios y cálculos de laboratorio, una línea separada para cada tamaño de ducto ha sido dibujada en el gráfico. La velocidad del aire en el ducto también ha sido incluida en el gráfico. La carta ilustrada cubre hasta los 2,000 pies³/min de caudal de aire. Esta figura ha sido tomadas del ASHRAE Guide and data Book y están basadas en condiciones estándar de flujo de aire en ductos normales de lámina galvanizada, circulares y limpios, con un promedio de 40 juntas por cada 100 pies.

Figura N° 2.34: Pérdidas de fricción en pulgadas en tramos de ductos circulares por cada 100 pies de longitud, según ASHRAE Guide and Data Book



Fuente: ASHRAE Guide and Data Book

La figura N° 2.35 muestra la dimensión equivalente del ducto rectangular que la genera la misma caída de presión por fricción que un ducto circular. Por ejemplo si seleccionamos un ducto circular de 6 pulgadas de diámetro con un flujo de 200 pies³/min, según la Figura N° 2.34, encontramos la velocidad de 1 000 pie/m y la pérdida por fricción de 0,3 pulgadas de agua por cada 100 pies de longitud. Si el ducto es de 75 pies de longitud; la pérdida en el tramo de ducto se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta PI = 0,10/100 * L$$

Donde:

L : Longitud del tramo lineal de ducto, pie.

ΔPI : Caída de presión en el tramo lineal de ducto, pulg.

Entonces el resultado será de multiplicar $0,3 \times 0,75 = 0,225$ pulgadas de columna de agua de pérdidas por fricción en el tramo recto de 75 pulgadas.

Según la Figura N° 2.35 un ducto rectangular equivalente al ducto circular de 6,0 pulgada es de 12"x9".

Figura N° 2.35: Dimensión de ducto rectangular equivalente a ducto circular, según ASHRAE Guide and Data Book

LADO	6		8		10		12		14		16		18		20		22	
	Area pies²	Diámetro pulg.																
10	.39	8.4	.52	9.8	.65	10.9												
12	.45	9.1	.62	10.7	.77	11.9	.94	13.1										
14	.52	9.8	.72	11.5	.91	12.9	1.09	14.2	1.28	15.3								
16	.59	10.4	.81	12.2	1.02	13.7	1.24	15.0	1.45	16.3	1.67	17.5						
18	.66	11.0	.91	12.9	1.15	14.5	1.40	16.2	1.63	17.3	1.87	18.5	2.12	19.7				
20	.72	11.5	.99	13.5	1.26	15.2	1.54	17.0	1.81	18.2	2.07	19.5	2.34	20.7	2.61	21.9		
22	.78	12.0	1.08	14.1	1.38	15.9	1.69	17.6	1.99	19.1	2.27	20.4	2.57	21.7	2.86	22.9	3.17	24.1
24	.84	12.4	1.16	14.6	1.50	16.6	1.83	18.3	2.14	19.8	2.47	21.3	2.78	22.6	3.11	23.9	3.43	25.1
26	.89	12.8	1.26	15.2	1.61	17.2	1.97	19.0	2.31	20.6	2.66	22.1	3.01	23.5	3.35	24.8	3.71	26.1
28	.95	13.2	1.33	15.6	1.71	17.7	2.09	19.6	2.47	21.3	2.86	22.9	3.25	24.4	3.60	25.7	4.00	27.1
30	1.01	13.6	1.41	16.1	1.82	18.3	2.22	20.2	2.64	22.0	3.06	23.7	3.46	25.2	3.89	26.7	4.27	28.0
32	1.07	14.0	1.48	16.5	1.92	18.8	2.36	20.8	2.81	22.7	3.25	24.4	3.68	26.0	4.12	27.5	4.55	28.9
34	1.13	14.4	1.58	17.0	2.03	19.3	2.49	21.4	2.96	23.3	3.43	25.1	3.89	25.7	4.37	28.3	4.81	29.7
36	1.18	14.7	1.65	17.4	2.14	19.8	2.61	21.9	3.11	23.9	3.63	25.8	4.09	27.4	4.58	29.0	5.07	30.5
38	1.23	15.0	1.73	17.8	2.25	20.3	2.76	22.5	3.27	24.5	3.80	26.4	4.30	28.1	4.84	29.8	5.37	31.4
40	1.28	15.3	1.81	18.2	2.33	20.7	2.88	23.0	3.43	25.1	3.97	27.0	4.52	28.8	5.07	30.5	5.62	32.1
42	1.33	15.6	1.86	18.5	2.43	21.1	2.98	23.4	3.57	25.6	4.15	27.6	4.71	29.4	5.31	31.2	5.86	32.8
44	1.38	15.9	1.95	18.9	2.52	21.5	3.11	23.9	3.71	26.1	4.33	28.2	4.90	30.0	5.55	31.9	6.12	33.5
46	1.43	16.2	2.01	19.2	2.61	21.9	3.22	24.3	3.88	26.7	4.49	28.7	5.10	30.6	5.76	32.5	6.37	34.2
48	1.48	16.5	2.09	19.6	2.71	22.3	3.35	24.8	4.03	27.2	4.65	29.2	5.30	31.2	5.97	33.1	6.64	34.9
50			2.16	19.9	2.81	22.7	3.46	25.2	4.15	27.6	4.84	29.8	5.51	31.8	6.19	33.7	6.87	35.5
52			2.22	20.2	2.91	23.1	3.57	25.6	4.30	28.1	5.00	30.3	5.72	32.4	6.41	34.3	7.14	36.0
54			2.29	20.5	2.98	23.4	3.71	26.1	4.43	28.5	5.17	30.8	5.90	32.9	6.64	34.9	7.38	36.8
56			2.38	20.9	3.09	23.8	3.83	26.5	4.55	28.9	5.31	31.2	6.08	33.4	6.87	35.5	7.62	37.4
58			2.43	21.1	3.19	24.2	3.94	26.9	4.68	29.3	5.48	31.7	6.26	33.9	7.06	36.0	7.87	38.0
60			2.50	21.4	3.27	24.5	4.06	27.3	4.84	29.8	5.65	32.2	6.50	34.5	7.26	36.5	8.12	38.6
64			2.64	22.0	3.46	25.2	4.24	27.9	5.10	30.6	5.91	33.1	6.87	35.5	7.71	37.6	8.59	39.7
68					3.63	25.8	4.49	28.7	5.37	31.4	6.26	33.9	7.18	36.3	8.12	38.6	9.03	40.7
72					3.83	26.5	4.71	29.4	5.69	32.3	6.60	34.8	7.54	37.2	8.50	39.5	9.52	41.8
76					4.09	27.4	4.91	30.0	5.86	32.8	6.83	35.4	7.95	38.2	8.90	40.4	9.98	42.8
80					4.15	27.6	5.17	30.8	6.15	33.6	7.22	36.4	8.29	39.0	9.21	41.0	10.4	43.8
84							5.41	31.5	6.41	34.5	7.54	37.2	8.55	39.6	9.75	41.8	10.8	44.6
88							5.58	32.0	6.64	34.9	7.87	38.0	8.94	40.5	10.1	42.4	11.2	45.4
92							5.79	32.6	6.91	35.6	8.12	38.6	9.39	41.5	10.4	43.8	11.7	46.3
96							5.90	33.0	7.14	36.2	8.40	39.2	9.70	42.1	10.8	44.5	12.1	47.2
100									7.40	36.9	8.50	39.5	9.80	42.5	11.3	45.5	12.3	47.6
104									7.60	37.4	8.90	40.5	10.3	43.5	11.6	46.2	13.0	48.8
108									7.90	38.0	9.20	41.2	10.6	44.0	12.0	47.0	13.4	49.6
112									8.10	38.6	9.50	41.8	10.9	44.7	12.3	47.5	13.8	50.3
116											9.80	42.4	11.3	45.5	12.6	48.1	14.3	51.3
120											10.0	42.8	11.5	46.0	13.1	49.1	14.4	51.5
124											10.3	43.5	11.9	46.7	13.4	49.6	15.0	52.4
128											10.6	44.1	12.1	47.1	13.8	50.4	15.5	53.3
132													12.5	47.9	14.1	50.9	15.8	53.9
136													12.8	48.5	14.5	51.6	16.2	54.5
140													13.0	48.8	14.7	52.0	16.5	55.0
144													13.3	49.4	15.2	52.9	16.8	55.6

Fuente: ASHRAE Guide and Data Book

2.16.7. Dimensiones de ductos

Las pérdidas por fricción están basadas en los diámetros de ductos circulares y para obtener las dimensiones de ductos rectangulares equivalentes se usa la Figura N° 2.35. Se observa números grandes impresos sobre la figura, estos son llamados números de clase de ductos y son la representación numérica del costo inicial del sistema de ductos. Mientras mayor sea el número de clase mayor será el costo del ducto. Siempre que sea posible use el ducto de menor número de clase.

Las áreas de sección transversal equivalentes de ductos redondos y rectangulares nunca coinciden exactamente en números, así que cuando se usa la Figura N° 2.35 siempre se toma el valor siguiente más alto.

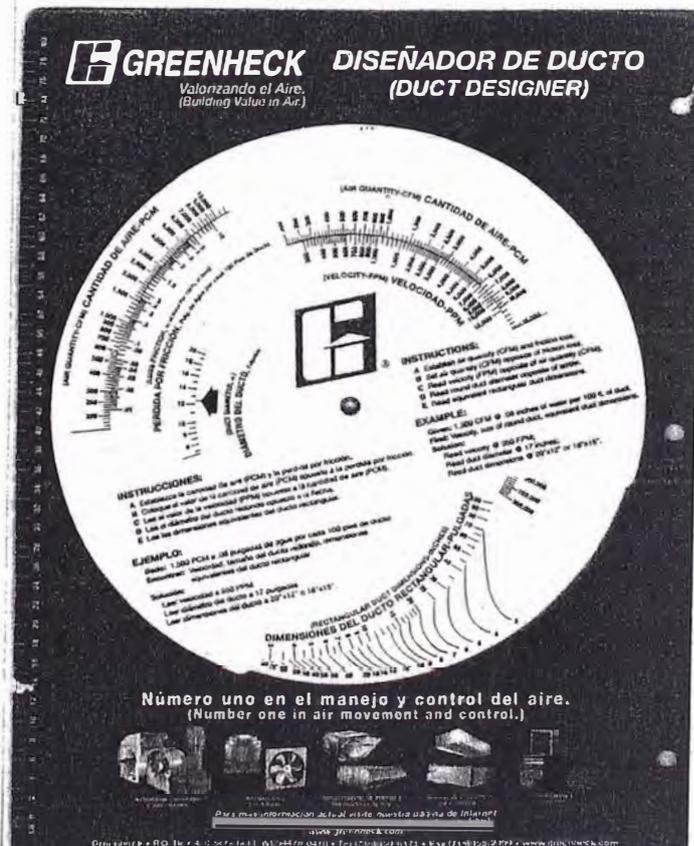
Para sistemas de ductos hechos con otros marcos distintos de lámina galvanizada o aluminio, se recomienda que sea consulte la información técnica suministra el fabricante,

Ductos de fibra de vidrio y ductos flexibles tiene características de flujo algo diferentes y deben ser tratadas de acuerdo a ellas. No olvidar los ductos metálicos forrados con aislamientos térmicos, los cuales tienen diferentes factores de fricción

2.16.8. Calculadores de ductos

Para el trabajo constante en el diseño ductos se usan calculadores manuales, ver Figura N° 2.36. Éstos están basados en las tablas de pérdidas por fricción que suministran la misma información sobre volúmenes, velocidades, presiones estáticas, etc. Las escalas muestran una conversión instantánea de ductos redondos a ductos rectangulares equivalentes.

Figura N° 2.36: Ductulador



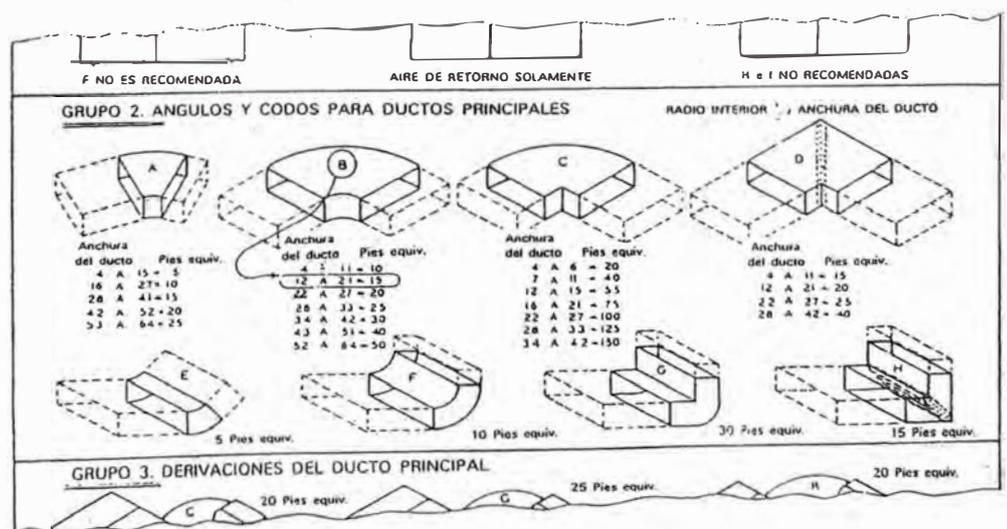
Fuente: Ductulador marca Greenheck

2.16.9. Accesorios de ductos

Accesorios es el nombre dado a diferentes partes en un tramo de ductos como, codos, derivaciones, cuellos, etc. Ellos ofrecen resistencia al flujo del aire y representan mayor parte de las pérdidas por fricción; también afectan características de ruido del sistema.

El ASHRAE Guide, manuales NESCA y los catálogos de fabricantes listan los accesorios convencionales. La Figura N°2.37 expresa las medidas en términos de factor para el cálculo de las pérdidas de fricción.

Figura N° 2.37: Accesorios para ductos



Fuente: ASHRAE Guide and Data Book

Una rápida mirada a la figura revela que no se necesitan hechos accesorios para sumar una resistencia apreciable.

Los filtros, cuando están instalados en el sistema de ductos, antes que en cualquier otra parte del equipo, junto con los suministros de difusores y las rejillas de retorno también presentan restricciones al flujo del aire que se consideradas en el cálculo general. La resistencia de filtros y rejillas está dada, directamente en términos de pulgadas de presión estática de columna de agua, por los catálogos del fabricante.

2.16.10. Pérdidas de presión en accesorios de ductos

La pérdida de presión en accesorios de ductos como codos, derivaciones, cuellos, etc. se pueden expresar en dos formas. Una de ellas es el método de la longitud equivalente, usado comúnmente en conexiones de tuberías, y el otro procedimiento es el método de coeficiente de pérdidas que se usa en el informe.

Cuando se usa el método de coeficiente de pérdidas, la pérdida de presión a través de un accesorio se calcula como sigue:

$$H_f = C * H_v = C * \left(\frac{V}{4000} \right)^2$$

Donde:

H_f : Pérdida total de presión a través del accesorio, en pulgadas de columna de agua

C : Coeficiente de pérdidas.

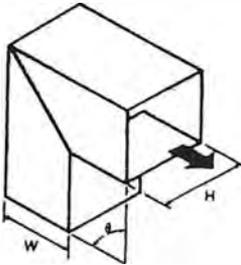
V : Velocidad del aire, en pie/m

H_v : Presión de velocidad en la conexión, en pulgada de columna de agua

Las Figuras N° 2.38 a Figura N° 2.42 se muestran algunos valores de C para varias conexiones dadas por el manual “HVAC System-Duct Design”, SMACNA, 2da. Edición, 1 981. La pérdida de fricción depende de la forma, de la cual puede haber muchas variaciones. En el ASHRAE Fundamentals se puede encontrar una lista más extensa.

Figura N°2.38 Coeficiente de pérdidas en codos

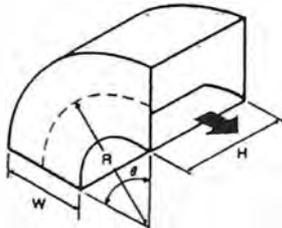
D. Codo de ángulo, rectangular



Coeficiente C

θ	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
20°	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
30°	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
45°	0.38	0.37	0.38	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.28	0.25	0.24
60°	0.60	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38
75°	0.89	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.60	0.61	0.58	0.57
90°	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83

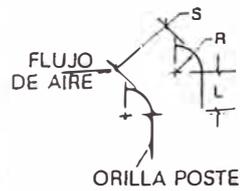
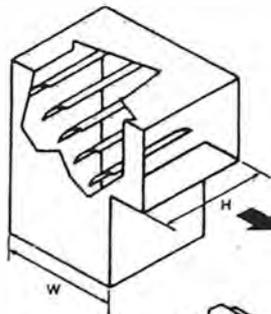
E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes



Coeficientes para codos de 90° (ver nota)

R/W	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.18	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

F. Codo, rectangular, en ángulo, con álabes de direccionamiento



ÁLABES DE ESPESOR SENCILLO

*No.	Dimensiones, pulgadas			Coeficiente C
	R	S	L	
1*	2.0	1.5	0.75	0.12
2	4.5	2.25	0	0.15
3	4.5	3.25	1.60	0.18

*Los números son sólo referencia

ORILLA POSTERIOR

Quando no se tiene extensión de la orilla posterior para este codo, las pérdidas permanecen aproximadamente igual para codos sencillos, pero aumentan mucho para codos en serie



ÁLABES DE ESPESOR DOBLE

Coeficiente C

*No.	Dimensiones, in		Velocidad (V), ft/min				Observaciones
	R	S	1000	2000	3000	4000	
1	2.0	1.5	0.27	0.22	0.19	0.17	Embossed Vane Runner
2	2.0	1.5	0.33	0.29	0.26	0.23	Push-On Vane Runner
3	2.0	2.13	0.38	0.31	0.27	0.24	Embossed Vane Runner
4	4.5	3.25	0.26	0.21	0.18	0.16	Embossed Vane Runner

*Los números son sólo referencia

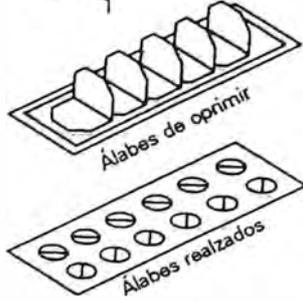
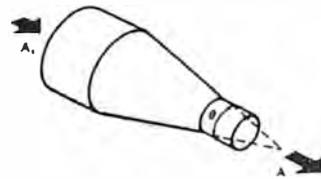


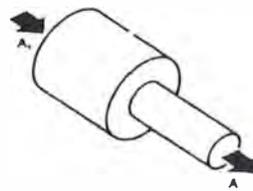
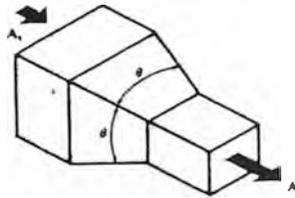
Figura N°2.40 Coeficiente de pérdidas para transiciones de flujos convergente, para el cálculo considerar la velocidad aguas abajo

A. Contracción. Redonda y rectangular, gradual e abrupta



Coeficiente C (ver nota)

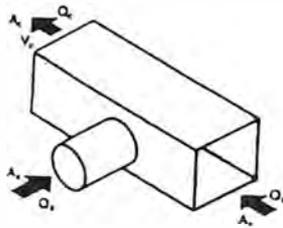
A ₁ /A ₂	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43



Cuando $\theta = 180^\circ$

Fuente: SMACNA 2da edición, 1 981

Figura N°2.41 Coeficiente de pérdidas para uniones convergentes, SMACNA 2da edición, 1 981, para el cálculo considerar la velocidad aguas abajo

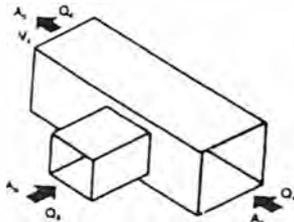


V_c	Ramal, coeficiente C (ver nota)									
	Q_j/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-0.63	-0.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.60
> 1200 ft/min	-0.49	-0.21	0.23	0.80	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

Cuando:

A_1/A_2	A_1/A_1	A_2/A_2
0.5	1.0	0.5

B. Te convergente. Ramal y cabezal rectangulares



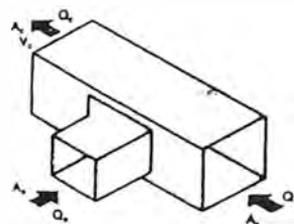
V_c	Ramal, coeficiente C (ver nota)									
	Q_j/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-0.75	-0.53	-0.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
> 1200 ft/min	-0.69	-0.21	0.23	0.87	1.17	1.86	2.67	3.38	3.93	5.13

Cuando:

A_1/A_2	A_1/A_1	A_2/A_2
0.5	1.0	0.5

Nota: A = área, in² Q = flujo de aire, CFM, V = velocidad (ft/min)

C. Te convergente, entrada 45° al cabezal rectangular



Cuando:

A_1/A_2	A_1/A_1	A_2/A_2
0.5	1.0	0.5

V_c	Ramal, coeficiente C (ver nota)									
	Q_j/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-0.83	-0.88	-0.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> 1200 ft/min	-0.72	-0.52	-0.23	0.34	0.78	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

Fuente: SMACNA 2da edición, 1 981

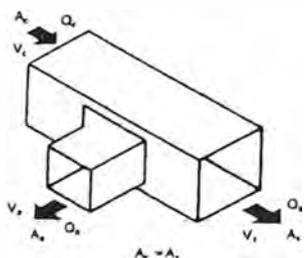
Figura N°2.42 Coeficiente de pérdidas para uniones divergentes, SMACNA 2da edición, 1 981, para el cálculo considerar la velocidad aguas arriba

$$H_{\alpha} = H_{11} - H_f = 2.35 - 0.03 = 2.32 \text{ in de agua} = 2.28 \text{ in de agua}$$

TABLA 8.8. COEFICIENTES DE PÉRDIDAS, UNIONES DIVERGENTES

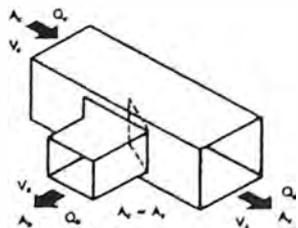
Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente arriba. Pérdida en la conexión (H_f) = $C \times H_v$

A. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares



v_1/v_c	Ramal, coeficiente C (ver nota)								
	Q_2/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.91								
0.4	0.81	0.79							
0.8	0.77	0.72	0.70						
0.8	0.78	0.73	0.69	0.66					
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74				
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86			
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.54	1.25	0.92		
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09	
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17

B. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares con compuerta



v_1/v_c	Ramal, coeficiente C (ver nota)								
	Q_2/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.61								
0.4	0.48	0.61							
0.8	0.43	0.50	0.54						
0.8	0.39	0.43	0.62	0.53					
1.0	0.34	0.57	0.77	0.73	0.68				
1.2	0.37	0.84	0.85	0.98	1.07	0.83			
1.4	0.57	0.71	1.04	1.16	1.54	1.36	1.18		
1.6	0.89	1.08	1.28	1.30	1.69	2.09	1.81	1.47	
1.8	1.33	1.34	2.04	1.78	1.90	2.40	2.77	2.23	1.92

Fuente: SMACNA 2da edición, 1 981

2.16.11. Niveles de ruido

El ruido o nivel de sonido de un sistema de ductos es función de la velocidad, y los límites permisibles de velocidad están tabulados en el Cuadro N° 2.12. Estos no deben ser excedidos y si el ruido es un factor de importancia, los valores para ramificaciones deben ser usados en el diseño de todo el sistema. Aunque la mayoría de los diseños de ductos son inicialmente hechos por el sistema de pérdidas estáticas por fricción, es aconsejable hacer luego un chequeo cuidadoso de la velocidad para reducir al mínimo la posibilidad de ruidos indeseables.

Cuadro N°2.12 Velocidades recomendadas en sistema de climatización

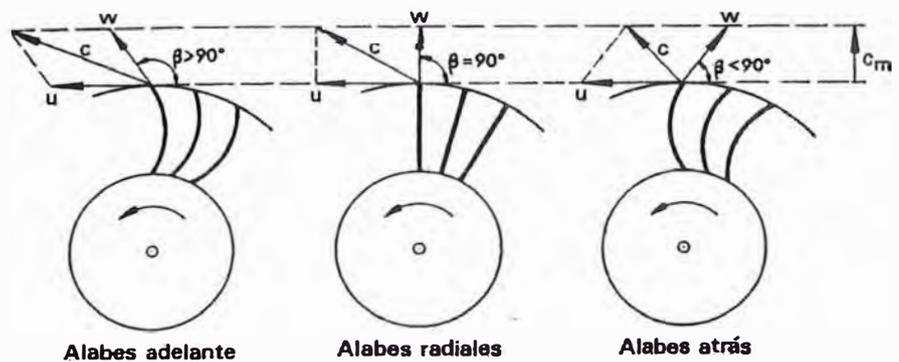
Item	Componentes	Velocidades recomendadas pie/min			Velocidades máximas pie/min		
		Residencias	Escuelas teatros edificios públicos	Construcc. industriales	Residencias	Escuelas teatros edificios públicos	Construcc. industriales
1	Entrada de aire exterior	500	500	500	800	900	1 200
2	Filtros	250	300	350	300	350	350
3	Serpentines de calentamiento	450	500	600	500	600	700
4	Lavadores de aire	500	500	500	500	500	500
5	Conexiones de succión	700	800	1 000	900	1 000	1 400
6	Descargas de ventilador	1 000 - 1 600	1 300 - 2 000	1 600 - 2 400	1700	1 500 - 2 200	1 700 - 2 800
7	Ductos principales	700 - 900	1 000 - 1 300	1 200 - 1 800	800 - 1 200	1 100 - 1 600	1 300 - 2 200
8	Ductos de ramal	600	600 - 900	800 - 1 000	700 - 1 000	800 - 1 300	1 000 - 1 800
9	Subidas de ramal	500	600 - 700	800	650 - 800	800 - 1 200	1 000 - 1 600

Fuente: ASHRAE, Handbook & Product Directory

2.16.12. Ventiladores.

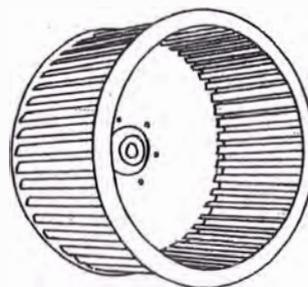
Los ventiladores centrífugos son usados extensamente en trabajos de sistemas HVAC debido a su capacidad para mover aire eficientemente contra una presión. El movimiento impartido por la forma de la aleta varía considerablemente dependiendo del diseño. Ver figura N° 2.43.

Figura N°2.43 Tipos de forma de álabes de ventiladores



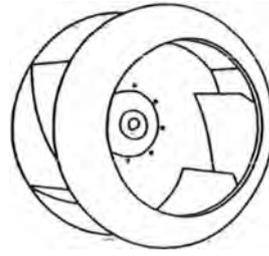
Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

Figura N°2.44 Ventilador centrífugo de aletas curvadas hacia adelante



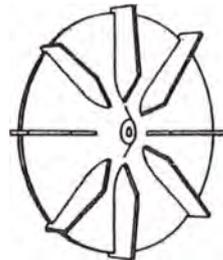
Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

Figura N°2.45 Ventilador centrífugo de aletas curvadas hacia atrás



Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

Figura N°2.46 Ventilador centrífugo de aletas radiales



Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

El ventilador típico para sistemas HVAC tiene una rueda de muchas aletas curvas hacia adelante (Ver Figura N° 2.44), con una fuerza resultante como la mostrada. Mueve grandes volúmenes de aire para aplicaciones donde se necesitan pocas revoluciones y presiones medianas, lo que cubre la mayoría de las instalaciones residenciales y comerciales pequeñas.

Los ventiladores de aletas curvas hacia adelante son pequeños y se consideran relativamente silenciosos por lo que son universalmente usados para sistemas HVAC.

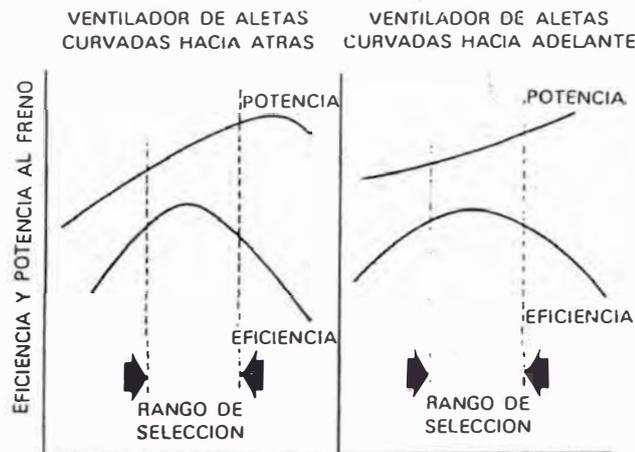
La rueda de aleta inclinada hacia atrás (Figura N° 2.45) tiene aletas dirigidas en el sentido contrario a la rotación. Las rectas pueden ser curvas también. Estas ruedas ventiladoras son resistentes, de alta velocidad y de bajo nivel de ruido, con la característica de que no se sobrecargan. Su eficiencia mecánica es alta y requiere poca potencia.

Una comparación de las curvas de rendimiento para ruedas de aletas curvadas hacia adelante y curvadas hacia atrás (Figura N° 2.47), muestra la eficiencia y potencia de freno y su relación con el volumen (pies³/min) a revoluciones constantes. Para los ventiladores de aletas curvadas hacia atrás, la potencia sube hasta un máximo y luego cae rápidamente y se dice que tiene característica de no sobrecarga. Por contraste, la potencia requerida por un ventilador de aletas curvadas hacia adelante continúa aumentando y este tipo por consiguiente, sí produce sobrecargas.

La selección se hace entonces dentro de los rangos señalados. El punto ideal sería aquel de máxima eficiencia y mínima potencia. Cuando la eficiencia de estos dos tipos de ventiladores se compara, se puede ver que el de aletas curvadas hacia atrás tiene un pico de eficiencia más alto pero también tiene una variación en

eficiencia mucho más amplia. Así pues, para aplicaciones comunes de tamaño promedio, el ventilador de aletas múltiples curvadas hacia adelante constituye la mejor alternativa.

Figura N°2.47 Rango de selección de ventiladores



Fuente: Manual centro de capacitamiento. York. América Latina

Los ventiladores son generalmente clasificados por la AMCA (Air Moving and Conditioning Association) por categorías de acuerdo a los límites de operación en cuanto a presión estática:

Ventiladores de:

Clase I – 3 3/4 pulgadas de presión total máxima

Clase II- 6 3/4 pulgadas de presión total máxima

Clase III – 12 3/4 pulgadas de presión total máxima

Clase IV - por encima de 12~pulgadas

La mayoría de las aplicaciones de aire acondicionado de tamaño promedio están dentro de los requisitos de la Clase I o II.

CAPÍTULO 3

REQUERIMIENTO DEL ESTUDIO

3.1. Condiciones de la sala limpia.

Laboratorios Naturgen S.A.C específica para la sala limpia de penicilinas los siguientes parámetros técnicos:

- Temperatura interior = temperatura exterior.
- Humedad relativa interior = Humedad relativa exterior.
- Clasificación de la sala = Clase 10 000.
- Filtrado de Aire = Al interior mayor a 95%. Al exterior mayor a 99%
- Renov/hora = Mayor a 25

El Anexo N°3.1 muestra la carta de Laboratorio Naturgen dirigido a ACS donde especifica su requerimiento de estudio a realizar en su nueva sala de Penicilinas. El Anexo N° 3.2 muestra la orden de trabajo que Naturgen nos confirma para iniciar con el estudio.

El Cuadro N° 3.1 muestra las especificaciones técnicas de los ambientes la sala limpia de producción de Penicilinas

Cuadro N° 3.1.- Especificaciones técnicas de los ambientes de la sala limpia de Penicilinas

Item	Ambiente	Climatizador	Clase	Presión del ambiente*	Temperatura del ambiente (°C)	H.R. del ambiente (%)	N° de Renov/h
1	Pasadizo limpio	Ventilador	10 000	+	< 20°C	< 60%	≥25
2	Control de Procesos	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
3	Tableteo	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
4	Encapsulado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
5	Recubrimiento	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
6	Utensilios varios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
7	Foleadora	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
8	Llenado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
9	Acondicionado 2	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
10	Inactivación	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
11	Producto terminado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
12	Mezcla seca I	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
13	Lavadero	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
14	Blistera	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
15	Acondicionado I	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
16	Utensilios limpios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
17	Equipos limpios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
18	Granel 2	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
19	Granel I	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
20	Accesorios varios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
21	Oficina	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
22	Materia prima dispensada	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
23	Dispensación	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
24	Almacén materia prima	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
25	Vestidor hombres	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
26	Vestidor mujeres	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25

(* Presión (+) indica mayor presión que los ambientes con grado de presión (-).

Fuente: Propia.

El climatizador se refiere al tipo de equipo; sea Inyector, Ventilador o Extractor.

La clase 10 000 se refiere a la clase de sala limpia; el cual está determinado

por 10 000 partículas por metro cúbico de tamaño de 0,5 micrómetros. El Cuadro N° 2.5 muestra la clasificación de salas limpias, según FED. STD 209, donde la clase 10 000 se corresponde con la clase M4.

Cuadro N° 2.5 Clasificación de salas limpias, según Federal Standard 209 E

Ítem	Clase	0,1 µm/m³	0,2 µm/m³	0,3 µm/m³	0,5 µm/m³	5,0 µm/m³
1	M1	350	75,7	30,9	10	-
2	M1,5	1 240	265	106	35,3	-
3	M2	3 500	757	309	100	-
4	M2,5	12 400	2 650	1 060	353	-
5	M3	35 000	7 570	3 090	1 000	-
6	M3,5	-	26 500	10 060	3 530	-
7	M4	-	75 700	30 900	10 000	-
8	M4,5	-	-	-	35 300	247
9	M5	-	-	-	100 000	618
10	M5,5	-	-	-	353 000	2 470
11	M6	-	-	-	1 000 000	6 180
12	M6,5	-	-	-	3 530 000	24 700
13	M7	-	-	-	10 000 000	61 800

Fuente: Federal Standard 209

Según datos estadísticos de Senamhi la variación de la temperatura ambiente del año 2005 fue de 13°C á 17°C. Ver Cuadro N° 3.2. Para los cálculos y en confirmación del cliente se ha determinado en los ambientes una temperatura menor de 20°C y una humedad relativa menor a 60%. Los datos estadísticos de Senamhi son para estación meteorológica: 847520 (SPQU), latitud: -16.31, longitud: -71.55 y altitud: 2 538 m.s.n.m. que corresponde a Arequipa.

Cuadro N° 3.2: Condiciones ambientales de Arequipa en el año 2 005

Mes Año 2 005	Temperatura media °C	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Humedad relativa media %
Enero	15,20	22,00	10,00	59,60
Febrero	16,10	22,90	11,70	59,00
Marzo	15,60	22,80	10,40	58,50
Abril	16,30	23,70	10,10	45,40
Mayo	15,10	23,10	7,90	25,40
Junio	13,40	20,70	6,50	12,40
Julio	13,90	21,30	7,50	17,70
Agosto	14,00	21,40	6,80	14,10
Septiembre	14,50	21,30	8,40	23,10
Octubre	14,50	20,80	8,50	20,80
Noviembre	15,10	20,90	9,80	38,10
Diciembre	13,80	19,60	9,40	51,20
Promedio año	14,79	21,71	8,92	35,44

Fuente: Senamhi

El número de renovaciones por hora se ha considerado 25 conforme a las especificaciones técnicas dadas por el cliente.

3.2. Equipos disponibles.

Para el sistema de ventilación, presurizado y filtración de aire de la sala limpia, los siguientes equipos son los que se dispone en el mercado nacional:

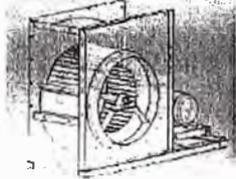
3.2.1 Equipos de ventilación mecánica

Marca Soler & Palao

Figura N° 3.1: Ventiladores centrífugos marca S&P

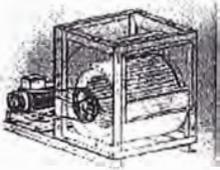


SA Ventiladores Centrífugos de Alabes Adelantadas Simple Aspiración



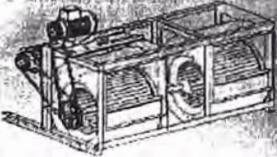
Modelo	Diámetro de Tubos	
	mm	Inches
9/4	252	9 15/16
10/6	282	11 1/8
12/6	322	12 1/16
14/8	362	14 1/8
16/8	402	15 7/16
20/10	536	21 1/8
22/11	585	23 1/16
25/13	662	26 1/16
30/14	778	30 5/8

DA Ventiladores Centrífugos de Alabes Adelantadas Doble Aspiración



Modelo	Diámetro de Tubos	
	mm	Inches
7/1	197	7 3/4
9/3	252	9 15/16
10/10	282	11 1/8
12/12	322	12 1/16
14/14	362	14 1/8
16/16	402	15 7/16
20/20	536	21 1/8
22/22	585	23 1/16
25/25	662	26 1/16
30/28	778	30 5/8
36/36	888	35 3/8

DAT Ventiladores Centrífugos de Alabes Adelantadas Doble Aspiración Tipo Twin



Modelo	Diámetro de Tubos	
	mm	Inches
10/10	282	11 1/8
12/12	322	12 1/16
15/15	362	14 1/8

Fuente: Catálogo Soler y Palao

Marca Greenheck

Figura N° 3.2: Ventiladores centrífugos marca Greenheck

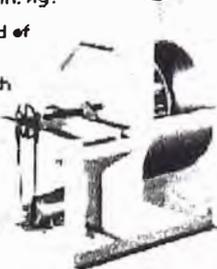


Two Construction Series

SWB Series 100

Greenheck's model SWB Series 100 backward inclined utility fans are available in nine sizes (110 - 136) with capacities from 500 to 23,000 cfm and static pressures to 2.5 in. wg.

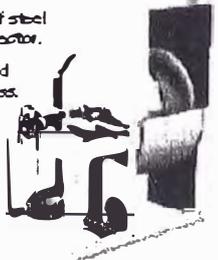
- + Blower scroll constructed of Galvanized steel.
- + Drive frame is coated with Permatector.
- + Aluminum wheel.
- + Clockwise and counter-clockwise wheel rotation.



SWB Series 200

Greenheck's model SWB Series 200 backward inclined utility fans are available in thirteen sizes (210 - 236) with capacities from 500 to 30,000 cfm and static pressures to 5 in. wg.

- + Entire fan is constructed of steel and is coated with Permatector.
- + Larger shafts, bearings, and increased material thickness.
- + Steel wheel. (Except size 230 has aluminum wheel)
- + Clockwise and counter-clockwise wheel rotation.



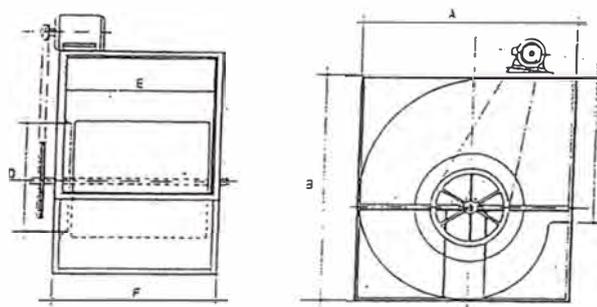
Fuente: Catálogo Greenheck

Marca CEOZ

Figura N° 3.3: Ventiladores centrífugos marca CEOZ

MODELO SF

DESDE 24 HASTA 42"



MEDIDAS CONSTRUCTIVAS

MODELO	A	B	C	D	E	F
24	1.030	1.177	655	510	380	460
30	1.269	1.460	755	612	520	600
36	1.507	1.736	922	765	643	723
42	1.748	2.019	1.089	918	650	730

NOTA: Todas las medidas son aproximadas

Fuente: Catálogo CEOZ

3.2.2 Filtros de aire

Marca Flanders Precisión Aire

Figura N° 3.4: Filtros de aire marca Flanders

FLANDERS PRECISION AIR
FORGOTTEN IN AIR FILTRATION

Disposable Air Filters
The widest range of disposable panel type air filters. Split Gases and cyclone media. All standard sizes and about any special size.



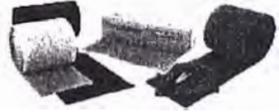
Polyester Panels, Liners, Slonors
High grade polyester media in a variety of styles, tested to do to heavy wire frames.



Paint Booth Products
A complete line of air handling products for all types of paint booths...conformers, cross-ducts and work stations.



Air Filter Media & Auto Rolls
Cut to fit laminated & roll media in a variety of styles, plus bulk roll of up to 11 lbs. and 1/2" to 1" media. Auto roll in the media style of your choice, suited to the coil style of your coils. Includes crimpers.



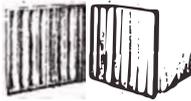
Pleated Air Filters
With the exception of one of the largest lines of pleated panel type air filters. The styles are made in just about any size you will ever need.



Medium & High Efficiency Rigid Type Air Filters
A wide variety of styles, sizes and stack sizes.



Medium & High Efficiency Extended Surface Type Filters
High line of bag filters - all of the most popular sizes and materials, plus our new XDH bag which holds up to twice as much dust as ordinary bags.



Metal Washable Filters
Rigid metal filters for a variety of applications. Top quality materials and workmanship.



Gas Phase & Odor Control
Painted panel type battens been treated with special odor absorbing treating materials, as well as 30% & 75% nitrogen for carbon filters.



HEPA Filter
For gas the HEPA grade media. Each Alpha Cell HEPA filter has a minimum efficiency of 99.97% on 0.30 micron particle which is rated at rated capacity on a G-101 Permetone test.



Residential/Light Commercial Air Cleaners & Filters
Particulate and portable air cleaners...made by one of the world's leading air conditioning firms. Equal or superior filtration, pleated or for complete systems...and typically easier to install.



Electronic Air Cleaners
Near-HEPA quality air purification with less loss of static charge.



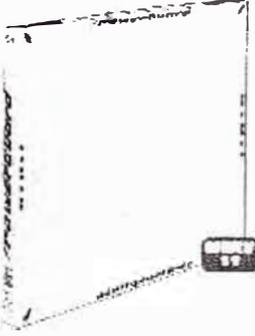
Fuente: Catálogo Flanders

Marca Airguard

Figura N° 3.5: Filtros de aire marca Airguard

FILTROS DE PANELES PLISADOS

La mayor variedad de filtros plisados existentes, escoja entre 18 estilos diferentes.



Filtro plisado tipo DP 40*

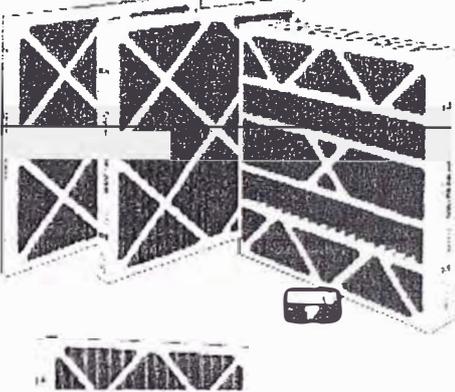
- Espesor de 1", 2", y 4 pulgadas.
- Marco con enrejado suajado.
- Medio filtrante mixto de poliéster y algodón.
- 14.3 pliegues por pie (2")
- 25 - 30% de eficiencia, MERV 7

Folbio A-DP

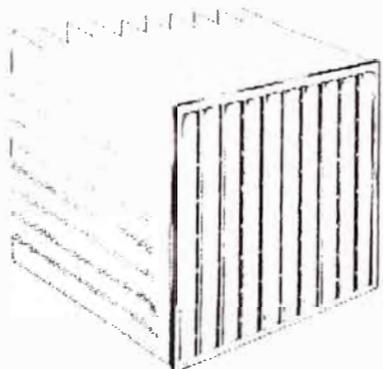
Filtro PowerGuard™

- 1", 2" y 4 pulgadas de espesor.
- Marco con enrejado suajado.
- Medio filtrante 100% sintético.
- 14.3 pliegues por pie (2")
- 35 - 40% de eficiencia, MERV 11

Folbio A-POWERG



FILTROS DE BOLSILLO DE SUPERFICIE EXTENDIDA



Filtros de bolsillo Clean-Pak™

Medio filtrante sintético microfibra bicipa.

- Resistente a la humedad.
- Amplia variedad de longitud y cantidad de los bolsillos.
- Accesorio de bolsa aplada mecánicamente a prueba de filtro.
- Construcción del bolsillo soldado con ultrasonido.
- Disponibles con 5 eficiencias-
 - 90 - 95%, MERV 14
 - 80 - 85%, MERV 13
 - 60 - 65%, MERV 12
 - 50 - 55%, MERV 11
 - 40 - 45%, MERV 10
- Modelos auto sellantes - (40 - 45%, 60 - 65%)
- U.L. Clase 1 y Clase 2

Folbio A-POCKET

FILTROS HEPA

FILTROS CON SEPARADORES

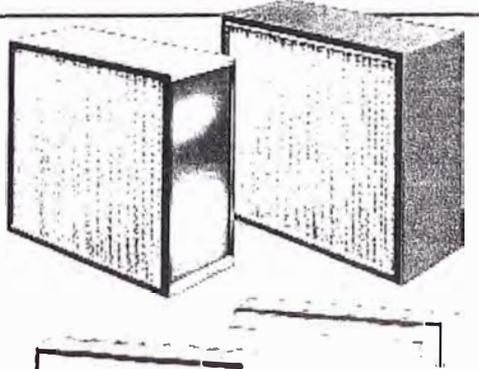
Microguard®

- Medio filtrante de papel ultrafino microfibroso.
- Construcción de madera o de metal.
- Modelos con sello de junta o de gel.
- Gran variedad de configuraciones de las caras de las celdas.
- Separadores de aluminio corrugado.
- Existen en cuatro eficiencias distintas- 95%, 99%, 99.97%, 99.999% en tres micrones

HEPA Folbio A-MICROSEP; 95% DOP Folbio A-MICROSEP

Microguard® SC Series

La misma construcción del medio filtrante que el filtro MICROGUARD es añadir con la excepción de que tiene menos pliegues, 99.97 de eficiencia.



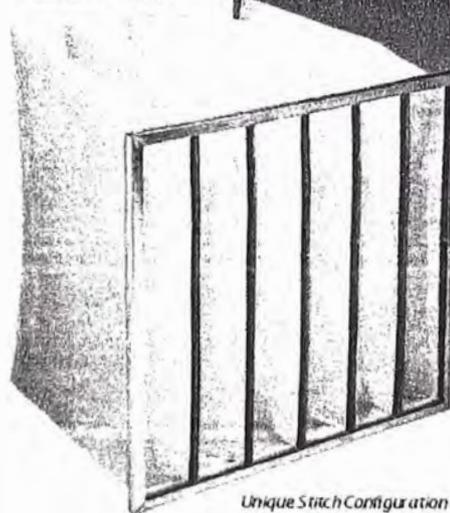
Fuente: Catálogo Flanders

Marca Purolator

Figura N° 3.6: Filtros de aire marca Purolator

Purolator
A CLARCOR company

SERVA-PAK™
Extended Surface
High Capacity Filter



Unique Stitch Configuration For Superior Air Flow And Uniform Media Separation:

- High Density Glass Microfibers In Class 2 Configuration
- Rating Up To MERV 14
- Corrosion-Resistant Galvanized Header
- Rigid Internal Support

ACS
REFRIGERACION S.A.C.

ULTRA CELL (Type UH)



- 99.97%, 99.99%
99.999% @ 0.3 micron
- Separator Style
- High Capacity
 - 11.5" 500 FPM
 - 5.875" 250 FPM
- Wood or Metal
- Various Frames
- Gasket or Gel Seal

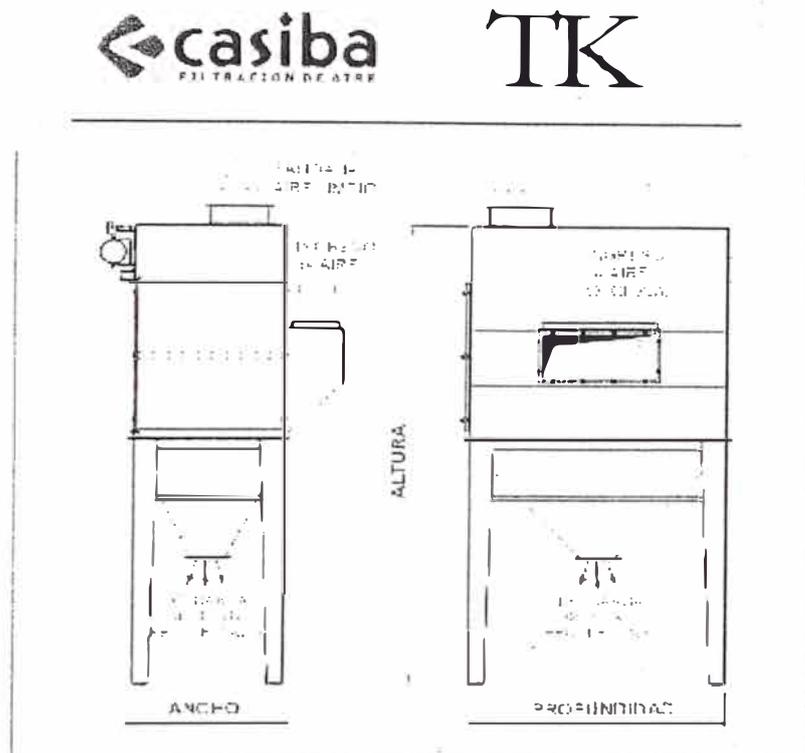
Purolator

Fuente: Catálogo Purolator

3.2.3 Colectores de Polvo

Marca Casiba

Figura N° 3.7: Colectores de Polvo marca Casiba

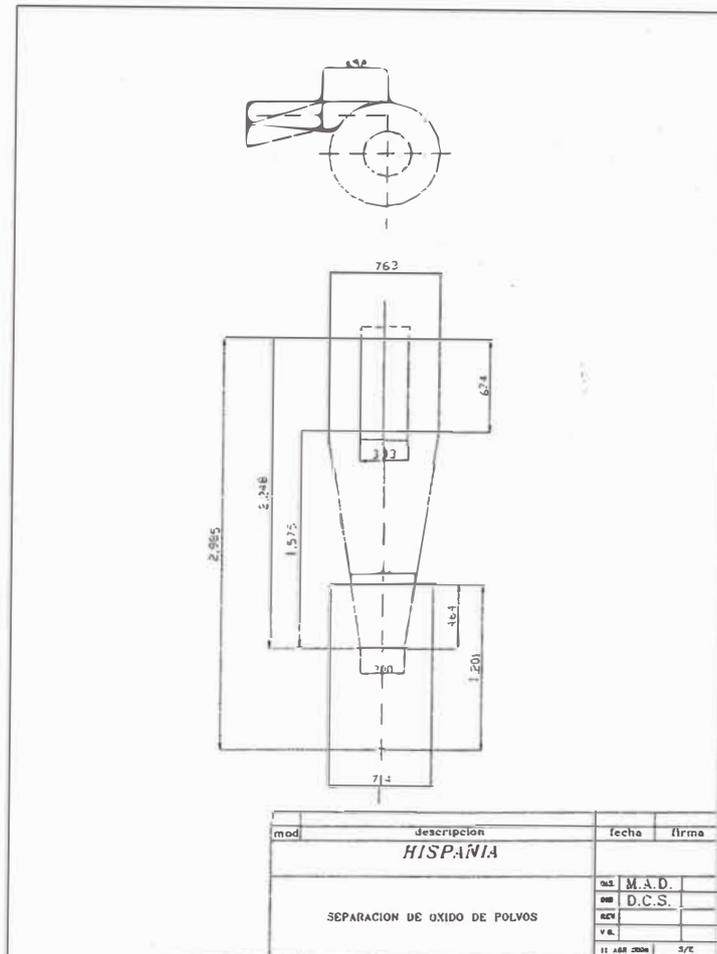


MODELO	AREA DE MEDIO FILTRANTE (m²)	Nro. De CARTUCHOS FILTRANTES	DIMENSIONES (mm)		
			ALTEZA	ANCHO	PROP.
CASIBA TK-2	20,5	2	1000	500	1000
CASIBA TK-3	30,5	3	1000	500	1000
CASIBA TK-4	40,5	4	1000	500	1000
CASIBA TK-6	60,5	6	1000	500	1000
CASIBA TK-8	80,5	8	1000	500	1000
CASIBA TK-10	100,5	10	1000	500	1000
CASIBA TK-12	120,5	12	1000	500	1000
CASIBA TK-16	160,5	16	1000	500	1000
CASIBA TK-20	200,5	20	1000	500	1000
CASIBA TK-24	240,5	24	1000	500	1000
CASIBA TK-32	320,5	32	1000	500	1000

Fuente: Catálogo Casiba

Marca Hispania

Figura N° 3.8: Colectores de Polvo marca Hispania

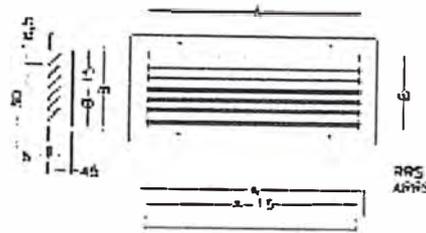


Fuente: Catálogo Hispania

3.2.4 Rejillas de aire

Marca ACS

Figura N° 3.9: Rejillas de aire marca ACS



Fuente: Catálogo Hispania

3.2.5 Manómetro Diferencial

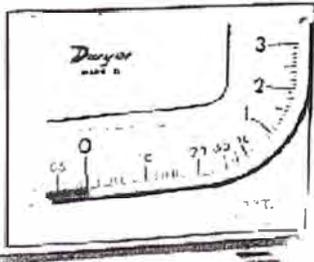
Marca Dwyer

Figura N° 3.10: Manómetros diferenciales marca Dwyer. Modelo Mark II



Uso, Instalacion y Mantenimiento

MANOMETROS DWYER MARK II



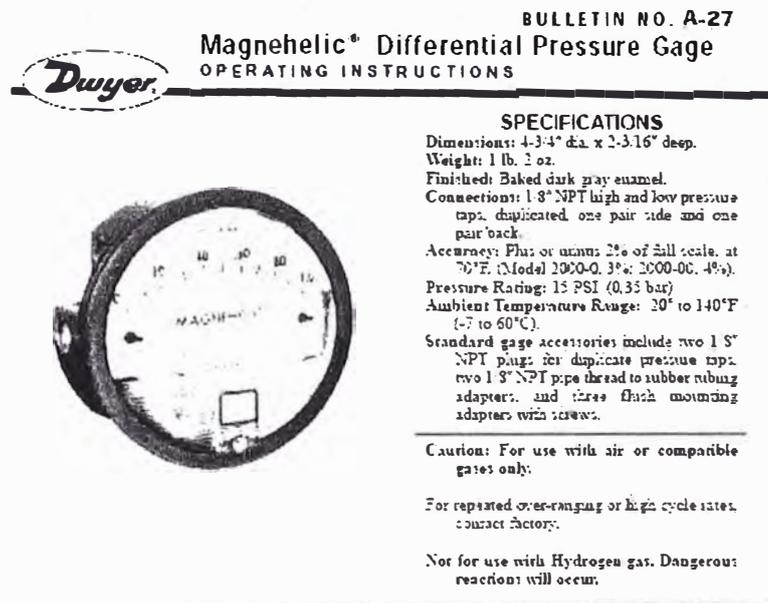
RANGOS

Modelo	Rango	Fluido
25	0-3" C.A.	0,826 rojo
26	0-7" C.A.	1,9 azul
M-30	0-30 mm C.A.	0,826 rojo
M-180	0-180 mm C.A.	1,9 azul
M-700 Pa	10-0-700 Pascal	0,826 rojo
27 *	0-7.000 pie./min.	0,826 rojo
28 *	0-10.500 pie./min.	1,9 azul

* Los modelos 27 y 28 requieren tubo Pitot, con costo adicional.

Fuente: Catálogo Dwyer. Modelo Mark II

Figura N° 3.11: Manómetros diferenciales marca Dwyer. Modelo Magnehelic



Fuente: Catálogo Dwyer.

3.3. Condiciones de seguridad

En la sala de producción farmacéutica se han considerado tres aspectos principales de protección y seguridad: la protección del producto, la protección del personal y la protección del medio ambiente.

Como principio de seguridad se han tenido en cuenta lo siguiente:

- Las uniones entre paredes: Son redondeadas (ángulos sanitarios).
- Las superficies de los techos, paredes, pisos, luces, estantes, mesas, gabinetes, etc.: Son lisas, libres de grietas o hendiduras.
- Los materiales de los techos, paredes y pisos: Se fabrican de material resistentes a los procesos de limpieza y desinfección.

- El pintado de las superficies: Se realizan con material epóxico.
- Las lámparas o luminarias: No sobresalen de los paneles y están selladas a sus soportes.
- Los programas de sanitización y limpieza: Son programados y permanentes.
- Lay-Out de la sala: Se conoce el sentido de flujo del personal, productos y maquinarias o equipos y son proporcionado por el cliente. Ver Anexo N° 3.3.
- La instalación: Separada y diseñada específicamente para la producción del medicamento especial de penicilina. Ver Cuadro N° 3.3.
- Para la producción de fármacos sólidos: Uso de equipos de colección de polvo en el sistema de extracción de aire.
- En los ambientes la la descarga de aire es desde el techo y el retorno de aire lo más próximo a nivel del suelo (25cm.).
- La distribución de los elementos de inyección y retorno de aire: Lo más homogéneo posible favoreciendo un correcto barrido y distribución del aire para evitar las zonas muertas que impiden una correcta renovación del aire.

Cuadro N° 3.3: Clasificación de medicamentos de fabricación aislada

Item	Grupo	Tipo
1	Penicilínicos	Naturales
		Semi-sintético
		6 APA

2	Otros Antibióticos	Estrepto, Dihidro, Neomicina, Bacitracina, etc
		Cefalosporinos
		7 ADCA
3	Productos muy activos	Hormonas
		Alcaloides
		Vasodilatadores
		cardiotónicos
		Estupefacientes
		Alergénicos
		Propiedades mutagénicas
4	Vacunas, preparación bacteriana, etc de gérmenes vivos	
5	Vacunas y preparaciones biológicas de gérmenes muertos	
6	Otros	Dosis altas
		No irritantes

Fuente: W. Lhoest

Este cuadro muestra el grupo de medicamentos que se fabrican en instalaciones aisladas o separadas de la planta de producción farmacéutica.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Los parámetros de temperatura y humedad relativa, especificadas por Naturgen, se encuentran establecidos por el lugar físico del laboratorio. Ver Cuadro N° 3.1 y Cuadro N° 3.2; por esta razón el estudio se sustenta en ventilar, presurizar y filtrar el área de producción del fármaco.

Cuadro N° 3.1: Especificaciones técnicas de los ambientes de la sala limpia de Penicilinas

Item	Ambiente	Climatizador	Clase	Presión del ambiente*	Temperatura del ambiente (°C)	H.R. del ambiente (%)	N° de Renov/h
1	Pasadizo limpio	Ventilador	10 000	+	< 20°C	< 60%	≥25
2	Control de Procesos	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
3	Tableteo	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
4	Encapsulado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
5	Recubrimiento	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
6	Utensilios varios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
7	Foleadora	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
8	Llenado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
9	Acondicionado 2	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
10	Inactivación	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
11	Producto terminado	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
12	Mezcla seca 1	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
13	Lavadero	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
14	Blistera	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
15	Acondicionado 1	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25

Item	Ambiente	Climatizador	Clase	Presión del ambiente*	Temperatura del ambiente (°C)	H.R. del ambiente (%)	Nº de Renov/h
16	Utensilios limpios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
17	Equipos limpios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
18	Granel 2	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
19	Granel 1	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
20	Accesorios varios	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
21	Oficina	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
22	Materia prima dispensada	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
23	Dispensación	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
24	Almacén materia prima	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
25	Vestidor hombres	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25
26	Vestidor mujeres	Ventilador	10 000	-	< 20°C	< 60%	≥25

(*) Presión (+) indica mayor presión que los ambientes con grado de presión (-).

Fuente: Propia.

Cuadro N° 3.2: Condiciones ambientales de Arequipa en el año 2 005

Mes	Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Humedad relativa media
Año 2 005	°C	°C	°C	%
Enero	15,20	22,00	10,00	59,60
Febrero	16,10	22,90	11,70	59,00
Marzo	15,60	22,80	10,40	58,50
Abril	16,30	23,70	10,10	45,40
Mayo	15,10	23,10	7,90	25,40
Junio	13,40	20,70	6,50	12,40
Julio	13,90	21,30	7,50	17,70
Agosto	14,00	21,40	6,80	14,10
Septiembre	14,50	21,30	8,40	23,10
Octubre	14,50	20,80	8,50	20,80
Noviembre	15,10	20,90	9,80	38,10
Diciembre	13,80	19,60	9,40	51,20
Promedio año	14,79	21,71	8,92	35,44

Fuente: Senamhi

4.1. Volúmenes de aire en los ambientes.

De acuerdo al plano IM-01 el Cuadro N° 4.1 muestra las dimensiones físicas de las áreas.

Cuadro N° 4.1: Volúmenes físicos de ambientes de la sala limpia de Penicilinas.

Item	Ambientes	Lado 1 (m)	Lado 2 (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
I.-	PENICILINAS					
1	Pasadizo limpio	21,60	6,27	3,05	135,43	413,07
2	Control de Procesos	5,65	2,20	3,05	12,43	37,91
3	Tableteo	3,25	2,20	3,05	7,15	21,81
4	Encapsulado	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
5	Recubrimiento	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
6	Utensilios varios	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
7	Foleadora	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
8	Llenado	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
9	Acondicionado 2	3,00	4,65	3,05	13,95	42,55
10	Inactivación	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
11	Producto terminado	9,50	2,75	3,05	26,13	79,68
12	Mezcla seca 1	3,00	4,65	3,05	13,95	42,55
13	Lavadero	3,00	4,65	3,05	13,95	42,55
14	Blistera	3,00	4,65	3,05	13,95	42,55
15	Acondicionado 1	3,00	4,65	3,05	13,95	42,55
16	Utensilios limpios	5,65	2,20	3,05	12,43	37,91
17	Equipos limpios	3,25	2,20	3,05	7,15	21,81
18	Granel 2	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
19	Granel 1	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
20	Accesorios varios	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
21	Oficina	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
22	Materia prima dispensada	3,00	2,20	3,05	6,60	20,13
23	Dispensación	4,65	1,50	3,05	6,98	21,27
24	Almacén materia prima	12,00	3,25	3,05	39,00	118,95
II.-	VESTIDORES					
25	Vestidor hombres	7,05	3,70	3,05	26,09	79,56
26	Vestidor mujeres	7,05	3,70	3,05	26,09	79,56

Fuente: Propia

Los volúmenes indicados en este cuadro se utilizan para el cálculo de los caudales en cada ambiente.

4.2. Cálculo de caudal de aire en los ambientes.

El caudal de aire en los ambiente lo calculamos de acuerdo al número de renovaciones por hora por la ecuación ya conocida $Q = N^{\circ} Re\ no\ v * Vol$.

Para el cálculo; del Cuadro N° 4.1 tomamos las dimensiones de los ambientes y del Cuadro N° 3.1 las renovaciones por hora.

Por ejemplo; para el ambiente de Tableteo el volumen es de 21,81 m³/h y el número de renovaciones es 25; por lo que reemplazamos en la ecuación:

$$Q = 25/h * 21,81m^3$$

$$Q = 545,19m^3 / h$$

El Cuadro N° 4.2 muestra los resultados obtenidos del cálculo de caudal de aire para los diferentes ambientes.

Cuadro N° 4.2: Caudales de aire en los ambientes de la sala limpia de Penicilinas

Item	Ambientes	Volumen (m3)	Renov/h (h)	Caudal (m3/h)	Caudal (cfm)
I.-	PENICILINAS				
1	Pasadizo limpio	413,07	30,00	1 2392,03	7 289,43
2	Control de Procesos	37,91	25,00	947,79	557,52
3	Tableteo	21,81	25,00	545,19	320,70
4	Encapsulado	20,13	25,00	503,25	296,03
5	Recubrimiento	20,13	25,00	503,25	296,03
6	Utensilios varios	20,13	25,00	503,25	296,03
7	Foleadora	20,13	25,00	503,25	296,03
8	Llenado	20,13	25,00	503,25	296,03
9	Acondicionado 2	42,55	25,00	1 063,69	625,70
10	Inactivación	20,13	25,00	503,25	296,03
11	Producto terminado	79,68	25,00	1 992,03	1 171,78
12	Mezcla seca 1	42,55	25,00	1 063,69	625,70
13	Lavadero	42,55	25,00	1 063,69	625,70
14	Blistera	42,55	25,00	1,063,69	625,70
15	Acondicionado 1	42,55	25,00	1 063,69	625,70
16	Utensilios limpios	37,91	25,00	947,79	557,52
17	Equipos limpios	21,81	25,00	545,19	320,70
18	Granel 2	20,13	25,00	503,25	296,03
19	Granel 1	20,13	25,00	503,25	296,03
20	Accesorios varios	20,13	25,00	503,25	296,03
21	Oficina	20,13	25,00	503,25	296,03
22	Materia prima dispensada	20,13	25,00	503,25	296,03
23	Dispensación	21,27	25,00	531,84	312,85
24	Almacén materia prima	118,95	25,00	2 973,75	1 749,26
II.-	VESTIDORES				
25	Vestidor hombres	79,56	25,00	1 988,98	1 169,99
26	Vestidor mujeres	79,56	25,00	1 988,98	1 169,99

Fuente: Propia

4.3. Cálculo de caudal para la selección de los ventiladores.

El Cuadro N° 4.3 muestra la agrupación del Cuadro N° 4.2 resumida en cuatro zonas de trabajo y el caudal típico para la selección de los equipos. Los detalles se muestran en el plano IM-02.

Cuadro N° 4.3: Agrupación de los ambientes de la sala limpia en zonas

Item	Ambientes	INYECTOR Caudal inyección (m3/h)	Presión del ambiente*	Caudal en puerta		EXTRACTOR Caudal extracción (m3/h)
				Ingreso (m3/h)	Salida (m3/h)	
I.-	ZONA 1					
1	Pasadizo limpio 1	6051,03	+	0,00	4760,00	1291,03
2	Control de Procesos	947,79	-	340,00	0,00	1287,79
3	Tableteo	545,19	-	340,00	0,00	885,19
4	Encapsulado	503,25	-	340,00	0,00	843,25
5	Recubrimiento	503,25	-	340,00	0,00	843,25
6	Utensilios varios	503,25	-	340,00	0,00	843,25
7	Foleadora	503,25	-	340,00	0,00	843,25
8	Llenado	503,25	-	340,00	0,00	843,25
9	Acondicionado 2	1063,69	-	340,00	0,00	1403,69
10	Inactivación	503,25	-	340,00	0,00	843,25
11	Producto terminado	1992,03	-	340,00	340,00	1992,03
12	Mezcla seca 1	1063,69	-	340,00	0,00	1403,69
13	Lavadero	1063,69	-	340,00	0,00	1403,69
14	Blistera	0,00	-	340,00	0,00	0,00
15	Acondicionado 1	0,00	-	340,00	0,00	0,00
	Total	15746,60				14726,60
II.-	ZONA 2					
1	Pasadizo limpio 2	6341,00	+	0,00	3740,00	2601,00
2	Blistera	1063,69	-	340,00	0,00	1403,69
3	Acondicionado 1	1063,69	-	340,00	0,00	1403,69
4	Utensilios limpios	947,79	-	340,00	0,00	1287,79
5	Equipos limpios	545,19	-	340,00	0,00	885,19
6	Granel 2	503,25	-	340,00	0,00	843,25
7	Granel 1	503,25	-	340,00	0,00	843,25
8	Accesorios varios	503,25	-	340,00	0,00	843,25
9	Oficina	503,25	-	340,00	0,00	843,25

Item	Ambientes	INYECTOR Caudal inyección (m ³ /h)	Presión del ambiente*	Caudal en puerta		EXTRACTOR Caudal extracción (m ³ /h)
				Ingreso (m ³ /h)	Salida (m ³ /h)	
.10	Materia prima dispensada	503,25	-	340,00	0,00	843,25
11	Almacén materia prima	2973,75	-	0,00	680,00	2293,75
12	Dispensación	0,00	-	1020,00	0,00	0,00
13	Vestidores	0,00	-	680,00	0,00	0,00
	Total	15451,35				14091,35
III.-	ZONA 3					
1	Dispensación	1211,84	-	1020,00	0,00	2231,84
	Total	1211,84				2231,84
IV.-	ZONA 4					
1	Vestidor hombres	1988,98	-	340,00	340,00	1988,98
2	Vestidor mujeres	1988,98	-	340,00	340,00	1988,98
	Total	3977,96				3977,96

(*) Presión (+) indica mayor presión que los ambientes con grado de presión (-).

Fuente: Propia

Por homogeneidad el pasadizo limpio se divide en dos zonas imaginarias de mitad de área: Pasadizo limpio 1 y Pasadizo limpio 2.

Los ambientes con mayor presión generan un caudal de circulación de aire entre puertas de 340,0 m³/h hacia el ambiente con menos presión.

La diferencia total del caudal de inyección y/o extracción de aire en las zonas expresa el grado de presión entre ellos.

El Cuadro N° 4.4 muestra las zonas de trabajo con los caudales calculados que se usan para seleccionar dichos equipos.

Cuadro N° 4.4: Equipos requeridos por zonas de trabajo

Item	Ambientes	INYECTOR Caudal inyección (m ³ /h)	EXTRACTOR Caudal extracción (m ³ /h)	COLECTOR POLVO (m ³ /h)	Diferencial de Caudal (m ³ /h)	Observación
1	ZONA 1	15 746,60	14 726,60	14 726,60	1 020,00	Sobrepresión
2	ZONA 2	15 451,35	14 091,35	14 091,35	1 360,00	Sobrepresión
3	ZONA 3	1 211,84	2 231,84	2 231,84	-1 020,00	Depresión
4	ZONA 4	3 977,96	3 977,96	0.00	0.00	
Total		36 387,75	35 027,75	31 049,79	1 360,00	Sobrepresión

Fuente: Propia

Se observa que el caudal total requerido para la circulación de aire en la sala limpia de Penicilinas es de 36 388 m³/h.

La sobrepresión total de la sala de Penicilina con el exterior es de 1 360 m³/h y es el correspondiente a las puertas que colindan con las zonas de recepción y salida (04 puertas): 02 puertas de los vestidores, 01 puerta de Almacén de materia prima y 01 puerta de Producto terminado.

4.4. Especificaciones técnicas de los accesorios de descarga y extracción de aire para el sistema de ventilación.

Especificaciones técnicas de rejillas metálicas de extracción de aire.

En el Cuadro N° 4.5 se muestran los códigos de identificación, las velocidades de extracción de aire y la caída de presión para la selección de

las rejillas metálicas de extracción.

Cuadro N° 4.5: Selección de rejillas metálicas de extracción de aire

Item	Código	Caudal (m ³ /h)	Caudal (cfm)	Velocidad de extracción (m/s)	Dimensión						Caída de presión (mm.c.a)	NC
					L1	x	L2	L1	x	L2		
					(cm)		(cm)	(pulg)		(pulg)		
1	RE-1	643,89	378,76	4,00	35,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
2	RE-2	643,89	378,76	4,00	35,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
3	RE-3	885,19	520,70	4,00	45,0	x	30,0	18,0	x	12,0	1,60	43,00
4	RE-4	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
5	RE-5	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
6	RE-6	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
7	RE-7	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
8	RE-8	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
9	RE-9	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
10	RE-10	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
11	RE-11	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
12	RE-12	664,01	390,59	4,00	36,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
13	RE-13	664,01	390,59	4,00	36,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
14	RE-14	467,90	275,23	4,00	36,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
15	RE-15	645,51	379,71	4,00	36,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
16	RE-16	645,51	379,71	4,00	36,0	x	30,0	14,0	x	12,0	1,60	42,00
17	RE-17	1403,69	825,70	4,00	72,0	x	30,0	28,0	x	12,0	1,60	44,00
18	RE-18	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
19	RE-19	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
20	RE-20	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
21	RE-21	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
22	RE-22	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
23	RE-23	701,84	412,85	4,00	39,0	x	30,0	15,0	x	12,0	1,60	43,00
24	RE-24	1300,50	765,00	4,00	69,0	x	30,0	27,0	x	12,0	1,60	44,00
25	RE-25	1300,50	765,00	4,00	69,0	x	30,0	27,0	x	12,0	1,60	44,00
26	RE-26	1287,79	757,52	4,00	68,0	x	30,0	27,0	x	12,0	1,60	44,00
27	RE-27	885,19	520,70	4,00	45,0	x	30,0	18,0	x	12,0	1,60	43,00
28	RE-28	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
29	RE-29	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
30	RE-30	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
31	RE-31	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
32	RE-32	843,25	496,03	4,00	43,0	x	30,0	17,0	x	12,0	1,60	43,00
33	RE-33	1115,92	656,42	4,00	41,0	x	30,0	16,0	x	12,0	1,60	43,00

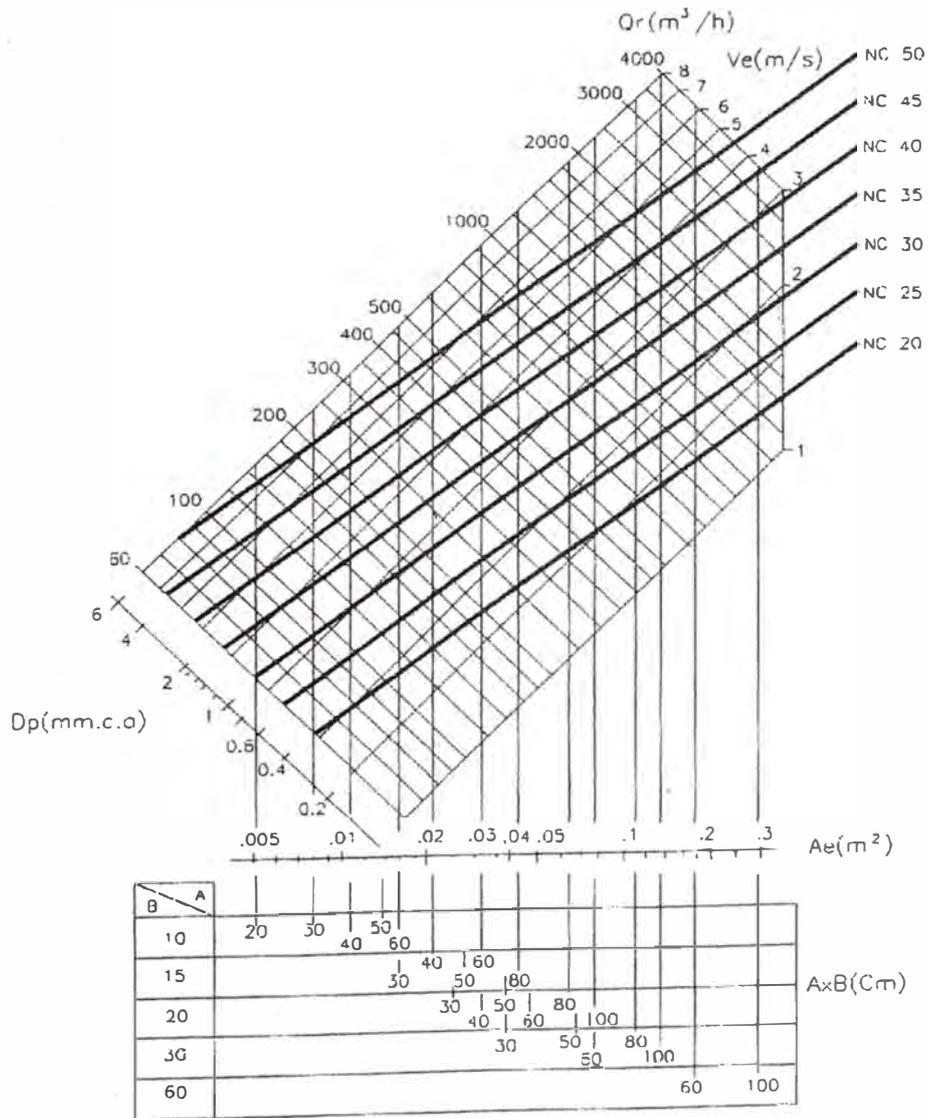
Item	Código	Caudal (m ³ /h)	Caudal (cfm)	Velocidad de extracción (m/s)	Dimensión						Caída de presión (mm.c.a)	NC
					L1	x	L2	L1	x	L2		
					(cm)		(cm)	(pulg)		(pulg)		
34	RE-34	1115,92	656,42	4,00	41,0	x	30,0	16,0	x	12,0	1,60	43,00
35	RE-35	764,58	449,75	4,00	40,0	x	30,0	16,0	x	12,0	1,60	43,00
36	RE-36	764,58	449,75	4,00	40,0	x	30,0	16,0	x	12,0	1,60	43,00
37	RE-37	764,58	449,75	4,00	40,0	x	30,0	16,0	x	12,0	1,60	43,00
38	RE-38	500,00	294,12	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
39	RE-39	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
40	RE-40	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
41	RE-41	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
42	RE-42	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
43	RE-43	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
44	RE-44	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
45	RE-45	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00
46	RE-46	497,25	292,50	4,00	26,0	x	30,0	10,0	x	12,0	1,60	42,00

Fuente: Propia

Las rejillas seleccionadas son las fabricadas por nuestra empresa y se ha utilizado la Figura N° 2.23 para su selección.

Las dimensiones de las rejillas seleccionadas se muestran en unidades británicas y en el S.I.

Figura N° 2.23- Selección de rejillas de extracción de aire



Fuente: Catálogo ACS

Especificaciones técnicas de rejillas metálicas de tránsito entre puertas.

En el Cuadro N° 4.6 se muestran los códigos de identificación, las

velocidades de extracción de aire y la caída de presión para la selección de las rejillas metálicas de extracción.

Cuadro N° 4.6: Selección de rejillas metálicas de tránsito entre puertas

Item	Código	Caudal (m ³ /h)	Caudal (cfm)	Velocidad de extracción (m/s)	Dimensión				Caída de presión (mm.c.a)	NC		
					L1 (cm)	L2 (cm)	L1 (pulg)	L2 (pulg)				
1	RP	340.00	200.00	2.50	35.0	x	20.0	14.0	x	8.0	4.90	45.00

Fuente: propia

Las rejillas de puerta seleccionadas son las fabricadas por nuestra empresa y se ha utilizado la Figura N° 2.24 para su selección.

Las dimensiones de las rejillas de tránsito entre puertas es fija y de dimensión de 35 cm de un lado y 20 cm de otro lado.

Figura N° 2.24 – Selección de rejillas de tránsito entre puertas o paredes

SECCION EFICAZ-VELOCIDAD EFECTIVA-CAIDA DE PRESION-NIVEL DE POTENCIA SONORA											
	AxB (Cm)	30x10 20x15	40x10 30x15 20x20	40x15 30x20	50x15 35x20	40x20 30x25	50x20 40x25	60x20 50x25 40x30	60x25 50x30	60x35 50x40	70x40 60x50
Qr(m³/h)	Ae(m²)	0.0156	0.0208	0.0310	0.0390	0.0448	0.0560	0.0684	0.0855	0.0122	0.1652
50	Ve	0.9	0.7	0.4							
	Δ Dp	0.6	0.4	0.35							
	Nc	19.0	12.0	4.0							
60	Ve	1.1	0.8	0.5	0.4						
	Δ Dp	0.9	0.5	0.4	0.2						
	Nc	24.0	17.0	7.0							
70	Ve	1.2	0.9	0.6	0.5	0.4					
	Δ Dp	1.2	0.7	0.5	0.2	0.2					
	Nc	28.0	21.0	11.0	5.0						
80	Ve	1.4	1.1	0.7	0.6	0.5					
	Δ Dp	1.8	0.9	0.6	0.3	0.2					
	Nc	31.0	24.0	14.0	8.0	5.0					
90	Ve	1.6	1.2	0.8	0.6	0.6	0.4				
	Δ Dp	2.0	1.2	0.8	0.4	0.3	0.2				
	Nc	34.0	27.0	16.0	11.0	8.0					
100	Ve	1.8	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4			
	Δ Dp	2.5	1.4	0.9	0.4	0.3	0.2	0.1			
	Nc	36.0	29.0	19.0	14.0	11.0	5.0				
120	Ve	2.1	1.6	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5			
	Δ Dp	3.6	2.0	1.3	0.6	0.4	0.3	0.2			
	Nc	41.0	34.0	25.0	18.0	15.0	9.0				
140	Ve	2.5	1.9	1.3	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5		
	Δ Dp	4.9	2.8	1.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2		
	Nc	45.0	38.0	29.0	22.0	19.0	13.0	8.0			
160	Ve	2.8	2.1	1.4	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5		
	Δ Dp	6.5	3.6	2.5	1.0	0.8	0.5	0.3	0.2		
	Nc	48.0	41.0	35.0	25.0	22.0	17.0	12.0	6.0		
180	Ve	3.2	2.4	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.4	
	Δ Dp	8.2	4.6	3.1	1.3	1.0	0.6	0.4	0.3	0.1	
	Nc	51.0	44.0	37.0	28.0	25.0	20.0	15.0	9.0		
200	Ve	2.4	1.8	1.4	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	Δ Dp	5.7	3.7	1.6	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2		
	Nc	47.0	39.0	31.0	25.0	22.0	17.0	12.0			
250	Ve	2.4	2.2	1.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.1
	Δ Dp	8.8	5.6	2.5	1.9	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2	
	Nc	52.0	44.0	37.0	33.0	27.0	23.0	17.0	8.0		
300	Ve		2.2	2.1	1.9	1.5	1.2	1.0	0.7	0.5	0.2
	Δ Dp		7.4	3.6	2.7	1.8	1.2	0.7	0.4	0.2	0.1
	Nc		53.0	41.0	38.0	32.0	27.0	22.0	13.0	5.0	
350	Ve		2.5	2.2	1.7	1.4	1.1	0.8	0.6	0.4	0.1
	Δ Dp		4.9	3.7	2.4	1.7	1.1	0.7	0.4	0.2	0.1
	Nc		45.0	42.0	36.0	31.0	26.0	21.0	17.0	9.0	
400	Ve		2.5	2.5	2.0	1.5	1.3	0.9	0.7	0.5	0.2
	Δ Dp		6.4	4.8	3.1	2.1	1.3	0.7	0.4	0.2	0.1
	Nc		48.0	45.0	39.0	34.0	29.0	20.0	13.0		
500	Ve		2.5	2.5	2.5	2.0	1.6	1.1	0.8	0.5	0.2
	Δ Dp		10.0	7.6	4.9	3.3	2.1	1.3	0.7	0.4	0.2
	Nc		54.0	50.0	45.0	40.0	34.0	26.0	18.0		
600	Ve					2.5	2.4	1.9	1.1	0.7	0.4
	Δ Dp					7.0	4.7	3.0	1.5	0.8	0.3
	Nc					49.0	44.0	39.0	30.0	23.0	
700	Ve					2.5	2.4	2.3	1.4	1.2	0.7
	Δ Dp					9.5	6.4	4.1	2.0	1.1	0.5
	Nc					53.0	48.0	43.0	34.0	27.0	
800	Ve						2.4	2.6	1.6	1.3	0.8
	Δ Dp						8.4	5.3	2.6	1.4	0.6
	Nc						52.0	46.0	37.0	30.0	
900	Ve						2.4	2.6	1.8	1.5	0.8
	Δ Dp						8.4	6.8	3.4	1.8	0.6
	Nc						52.0	49.0	40.0	33.0	
1000	Ve							2.6	2.1	1.7	0.8
	Δ Dp							8.3	4.1	2.3	0.6
	Nc							52.0	43.0	35.0	
1200	Ve								2.3	2.0	1.2
	Δ Dp								6.0	3.2	1.4
	Nc								47.0	40.0	
1400	Ve								2.3	2.4	1.5
	Δ Dp								8.1	4.4	1.8
	Nc								51.0	44.0	
1600	Ve									2.7	1.5
	Δ Dp									5.7	2.4
	Nc									47.0	

Fuente: Catálogo ACS

Especificaciones técnicas de difusores cuadrados de inyección de aire.

En el Cuadro N° 4.7 se muestran los códigos de identificación, las velocidades de descarga de aire, la caída de presión y el nivel sonoro NC para la selección de los difusores metálicos de inyección.

Cuadro N° 4.7: Selección de difusores metálicos cuadrados de inyección de aire

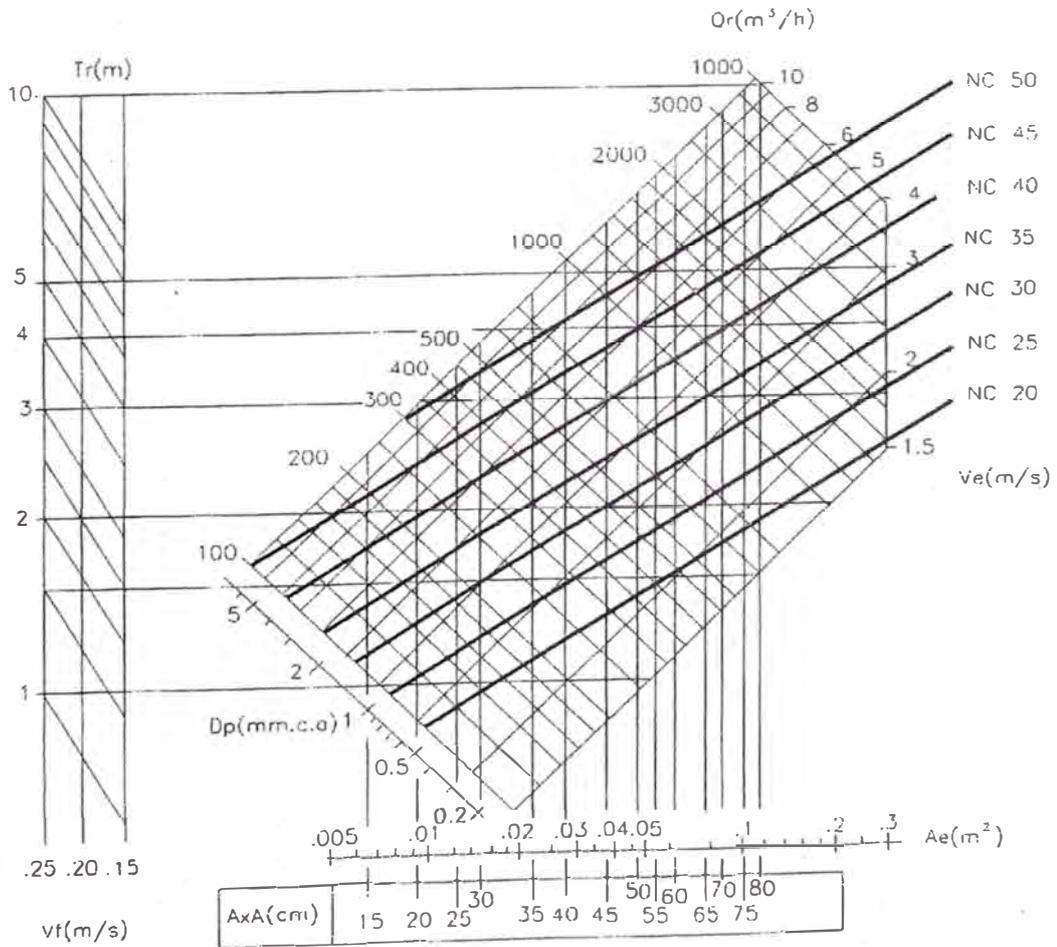
Item	Código	Caudal (m ³ /h)	Caudal (cfm)	Velocidad de descarga (m/s)	Nivel Sonoro NC	Caída de presión (mm.c.a)	Dimensión					
							L1 (cm)	x	L2 (cm)	L1 (pulg)	x	L2 (pulg)
1	DIF-1	498,01	292,95	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
2	DIF-2	498,01	292,95	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
3	DIF-3	498,01	292,95	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
4	DIF-4	498,01	292,95	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
5	DIF-5	503,25	296,03	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
6	DIF-6	594,75	349,85	5,00	30-40	1,10	41,0	x	41,0	16,0	x	16,0
7	DIF-7	594,75	349,85	5,00	30-40	1,10	41,0	x	41,0	16,0	x	16,0
8	DIF-8	594,75	349,85	5,00	30-40	1,10	41,0	x	41,0	16,0	x	16,0
9	DIF-9	594,75	349,85	5,00	30-40	1,10	41,0	x	41,0	16,0	x	16,0
10	DIF-10	594,75	349,85	5,00	30-40	1,10	41,0	x	41,0	16,0	x	16,0
11	DIF-11	500,00	294,12	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
12	DIF-12	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
13	DIF-13	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
14	DIF-14	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
15	DIF-15	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
16	DIF-16	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
17	DIF-17	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
18	DIF-18	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0
19	DIF-19	497,25	292,50	5,00	30-40	1,10	39,0	x	39,0	15,0	x	15,0

Fuente: Propia

Al igual que en las rejillas los difusores metálicos seleccionados son los fabricados por nuestra empresa y se ha utilizado la Figura N° 2.25 para su selección.

Las dimensiones de las rejillas de tránsito entre puertas son fijas y de dimensión de 35 cm de un lado y 20 cm de otro lado.

Figura N° 2.25: Selección de difusores cuadrados de inyección de aire



Fuente: Catálogo ACS

4.5. Especificaciones técnicas de los filtros de aire.

Para la selección de los filtros se consideró la representación que tiene Purolator en la empresa en la cual trabajo. Esta referencia se traduce en que Purolator cuenta con todas las certificaciones de los filtros, tenemos stock y sus precios son muy competitivos en comparación de los otros filtros.

Especificaciones técnicas de los filtros de aire tipo HEPA terminales.

En el Cuadro N° 4.8 se muestran los códigos de identificación de los filtros HEPA terminales, el caudal de inyección de aire y la eficiencia del filtro necesario para su selección. Los filtros Hepa se seleccionan de acuerdo al caudal de aire y la eficiencia.

Los filtros HEPA se han seleccionado para dos tipos de caudales (500 cfm y 1 000 cfm) y para una eficiencia de 99,99%, ver Figura N° 4.1. En este gráfico se muestra el modelo y dimensión del filtro HEPA marca Purolator.

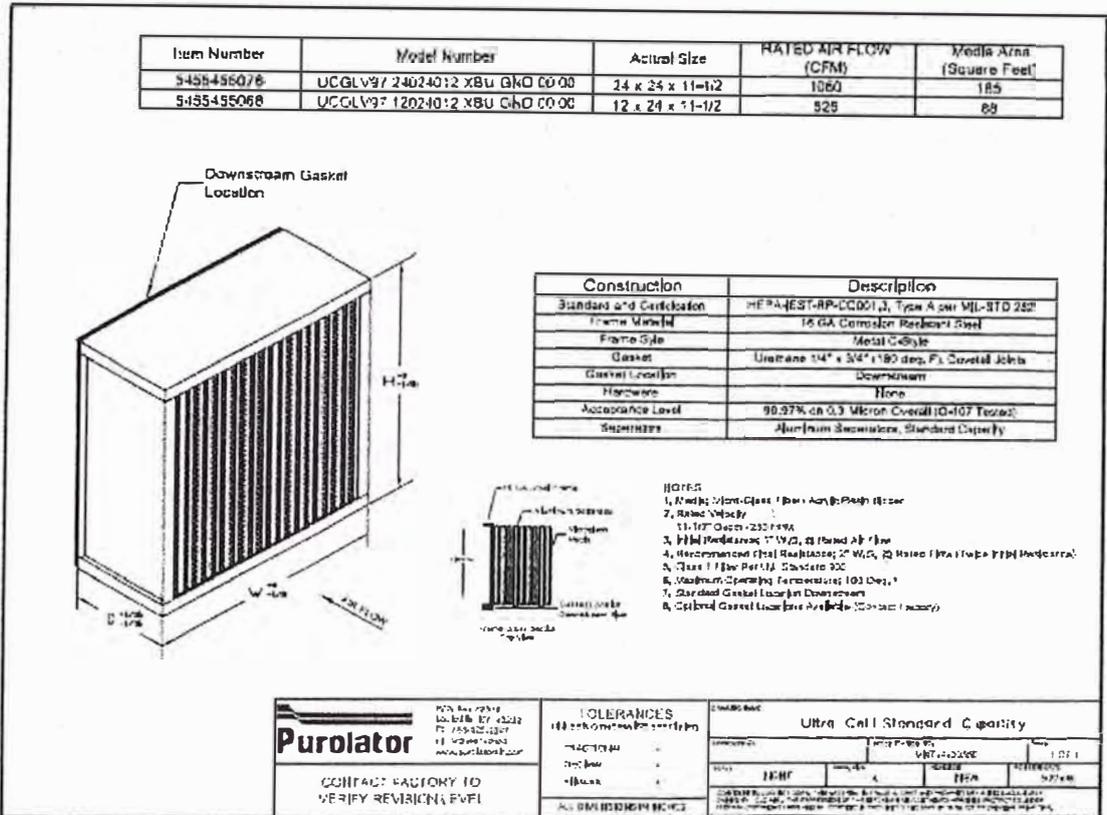
La caída de presión en los filtros HEPA es proporcional a la velocidad del aire que circula por el filtro. Ver Figura N° 4.2.

Cuadro N° 4.8: Selección de los filtros HEPA terminales de inyección de aire

Item	Código	Caudal (m ³ /h)	Caudal (cfm)	Efic. (%)	Filtro HEPA Seleccionado	Dimensión			Velocidad de descarga (fpm)	Caída de presión (pulg.c.a)	Caída de presión (mm.c.a)		
						Lado 1 (pulg)	X (pulg)	Lado 2 (pulg)				X (pulg)	Altura (pulg)
1	FH-1	947,79	557,52	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	139,38	0,38	9,56
2	FH-2	545,19	320,70	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	160,35	0,43	11,00
3	FH-3	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
4	FH-4	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
5	FH-5	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
6	FH-6	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
7	FH-7	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
8	FH-8	1063,69	625,70	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
9	FH-9	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
10	FH-10	500,00	294,12	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	147,06	0,40	10,09
11	FH-11	1512,76	889,86	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	222,46	0,60	15,26
12	FH-12	1512,76	889,86	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	222,46	0,60	15,26
13	FH-13	1512,76	889,86	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	222,46	0,60	15,26
14	FH-14	1512,76	889,86	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	222,46	0,60	15,26
15	FH-15	1063,69	625,70	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
16	FH-16	1063,69	625,70	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
17	FH-17	1063,69	625,70	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
18	FH-18	1063,69	625,70	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
19	FH-19	500,00	294,12	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	147,06	0,40	10,09
20	FH-20	1585,25	932,50	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	233,13	0,63	15,99
21	FH-21	1585,25	932,50	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	233,13	0,63	15,99
22	FH-22	1585,25	932,50	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	233,13	0,63	15,99
23	FH-23	1585,25	932,50	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	233,13	0,63	15,99
24	FH-24	947,79	557,52	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	139,38	0,38	9,56
25	FH-25	545,19	320,70	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	160,35	0,43	11,00
26	FH-26	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
27	FH-27	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
28	FH-28	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
29	FH-29	503,25	296,03	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	148,01	0,40	10,15
30	FH-30	500,00	294,12	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	147,06	0,40	10,09
31	FH-31	531,84	312,85	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	156,42	0,42	10,73
32	FH-32	500,00	294,12	99,99	UCGLV99-24012012	24,00	x	12,00	x	12,00	147,06	0,40	10,09

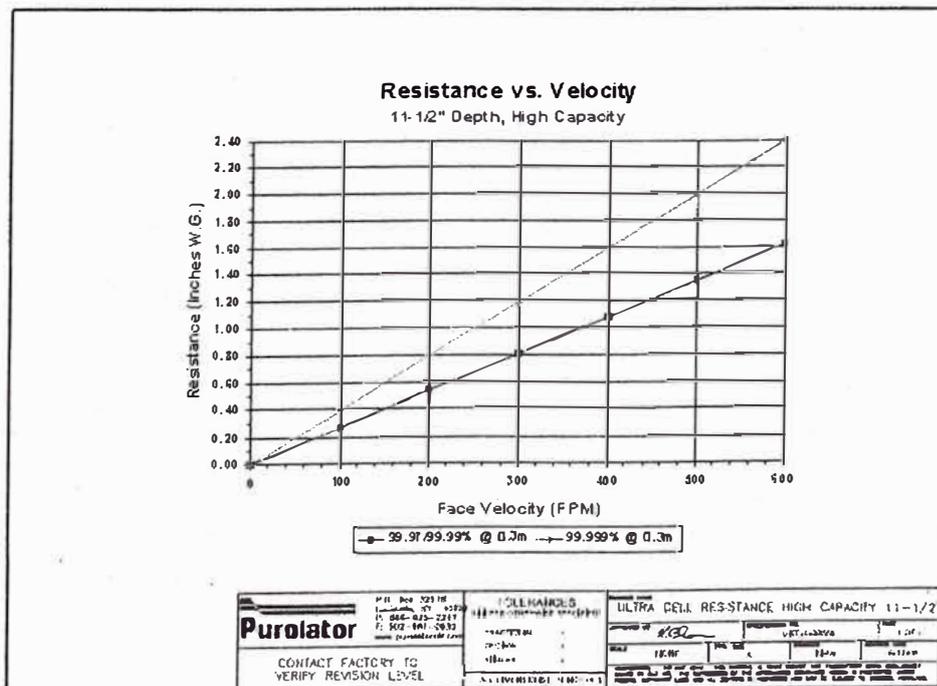
Fuente: Propia

Figura N° 4.1: Selección de filtro HEPA, marca Purolator



Fuente: Catálogo Purolator

Figura N° 4.2: Caída de presión en filtros HEPA, marca Purolator



Fuente: Catálogo Purolator

Especificaciones técnicas de los filtros de aire en línea junto a los equipos de ventilación.

Los filtros en línea son los filtros primarios y secundarios agrupados en serie dentro de las cajas porta filtros. Las cajas porta filtros se ubican en la succión y/o descarga de los equipos inyectoros o extractores.

El Cuadro N° 4.9 muestra la cantidad de cajas porta filtros ubicados en línea con los ventiladores. Por ejemplo la Caja Porta filtro CPF-06 se ubica en la descarga del extractor de la zona 2.

Cuadro N° 4.9: Resumen de Cajas Porta filtros en línea del sistema de Ventilación

Item	SALA	INYECTOR Caudal inyección (m3/h)	INYECTOR				EXTRACTOR			
			CAJA PORTAFILTROS SUCCIÓN		CAJA PORTAFILTROS DESCARGA		EXTRACTOR Caudal extracción (m3/h)	CAJA PORTAFILTROS DESCARGA		
			Código	Caudal (m3/h)	Código	Caudal (m3/h)		Código	Caudal (m3/h)	
1	ZONA 1	15746,60	CPF-01	15746,60	CPF-02	15746,60	14726,60	CPF-03	14726,60	
2	ZONA 2	15451,35	CPF-04	15451,35	CPF-05	15451,35	14091,35	CPF-06	14091,35	
3	ZONA 3	1211,84	CPF-07	1211,84	CPF-08	1211,84	2231,84	CPF-09	2231,84	
4	ZONA 4	3977,96	CPF-10	3977,96	CPF-11	3977,96	3977,96	CPF-12	3977,96	
Total		36387,75					35027,75			

Fuente: Propia

Las cajas porta filtros alojan en su interior a los filtros primarios y secundarios. Estos filtros son los filtros tipo sintéticos, los filtros tipo corrugados y los filtros tipo bolsa. Al igual que en los filtros tipo HEPA los filtros primarios y secundarios se seleccionan por su caudal y eficiencia.

La Figura N° 4.3 muestra la selección del filtro tipo sintético, la Figura N° 4.4 para la selección del filtro tipo corrugado y la Figura N° 4.5 para la selección del filtro tipo bolsa. En estos gráficos se muestran los caudales y las caídas de presión de los filtros.

Figura N° 4.3: Selección de Pre filtro tipo Sintético, marca Purolator

Model F312

Industrial Strength, 1" & 2" Disposable Panel Filters, Fiberglass Media

Category	F312 1"	F312 2"
Air Flow Velocity (FPM)	300	300
Initial Resistance (In. W.G.)	.07"	.09"
Recommended Final Resistance (In. W.G.)	.50"	1.0"
Average Arrestance (%)	72%	75%

*Resistance climbs more rapidly on 1" thus reducing dust holding capacity and filter life. Testing conducted in accordance with the ASHRAE 52.1-1992 Test Standard. Classified Class 2 by Underwriters Laboratories, Inc.

Standard 1" and 2" Sizes							
1 Inch				2 Inch			
8x16	12x18	14x25	16x25	20x25	10x20	18x24	
8x30	12x20	14x30	16x30	20x30	12x24	20x20	
10x10	12x24	15x20	18x18	22x22	14x20	20x24	
10x16	12x25	15x25	18x20	24x24	14x25	20x25	
10x20	12x30	15x30	18x24	24x30	15x20	24x24	
10x24	14x14	15x30½	18x25	25x25	16x16	25x25	
10x25	14x16	16x16	18x30		16x20		
10x30	14x18	16x18	20x20		16x24		
12x12	14x20	16x20	20x22¼		16x25		
12x16	14x24	16x24	20x24				

www.purolatorair.com
P-F312-309

Fuente: Catálogo Purolator

Figura N° 4.4: Selección de Pre filtro tipo Corrugado, marca Purolator

PERFORMANCE DATA: hi-E 40 Filters

Series	Nominal(1) size WxHxD	Actual size WxHxD	hi-E 40 Model number	CFM(2) capacity med	CFM(2) capacity high	Resist. in. W.G. med	Resist. in. W.G. high	Resist. in. W.G. final(3)	Total media area/filtr. face area	Media area/sq.ft. face area
1 11 plates per lineal foot of face area	10x10x1	9-1/2 x 9-1/2 x 3/4	HE40-1101	200	350	.24	.42	1.00	1.2	1.6
	10x15x1	9-1/2 x 14-1/2 x 3/4	HE40-1501	200	350	.24	.42	1.00	1.6	
	10x20x1	9-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-1001	425	700	.24	.42	1.00	2.4	
	10x24x1	9-1/2 x 23-1/2 x 3/4	HE40-1401	425	700	.24	.42	1.00	2.8	
	12x12x1	11-1/2 x 11-1/2 x 3/4	HE40-2201	300	500	.24	.42	1.00	1.5	
	12x16x1	11-1/2 x 15-1/2 x 3/4	HE40-2601	300	500	.24	.42	1.00	2.1	
	12x20x1	11-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-2001	500	850	.24	.42	1.00	2.6	
	12x24x1	11-3/8 x 23-3/8 x 3/4	HE40-2401	600	1000	.24	.42	1.00	3.1	
	14x20x1	13-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-4001	585	975	.24	.42	1.00	2.8	
	14x24x1	13-1/2 x 23-1/2 x 3/4	HE40-1441	730	1200	.24	.42	1.00	2.0	
	14x25x1	13-1/2 x 24-1/2 x 3/4	HE40-4501	730	1215	.24	.42	1.00	3.6	
	14x30x1	13-1/2 x 29-1/2 x 3/4	HE40-4301D	850	1400	.24	.42	1.00	2.2	
	15x20x1	14-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-5001	625	1040	.24	.42	1.00	3.1	
	15x30x1	14-3/4 x 29-3/4 x 3/4	HE40-5301D	850	1400	.24	.42	1.00	2.5	
	16x16x1	15-1/2 x 15-1/2 x 3/4	HE40-6601D	530	890	.24	.42	1.00	2.6	
	16x20x1	15-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-6001	665	1100	.24	.42	1.00	3.3	
	16x24x1	15-1/2 x 23-3/8 x 3/4	HE40-6401	800	1335	.24	.42	1.00	3.4	
	16x25x1	15-1/2 x 24-1/2 x 3/4	HE40-6501	850	1400	.24	.42	1.00	4.2	
	16x30x1	15-3/4 x 29-3/4 x 3/4	HE40-6301D	850	1400	.24	.42	1.00	2.9	
	18x20x1	17-3/8 x 19-1/2 x 3/4	HE40-8001	750	1250	.24	.42	1.00	3.3	
	18x22x1	17-3/8 x 21-1/2 x 3/4	HE40-8201	900	1500	.24	.42	1.00	4.2	
	18x24x1	17-3/8 x 23-3/8 x 3/4	HE40-8401	900	1500	.24	.42	1.00	4.5	
	18x25x1	17-3/8 x 24-1/2 x 3/4	HE40-8501	950	1550	.24	.42	1.00	4.8	
	20x20x1	19-1/2 x 19-1/2 x 3/4	HE40-0001	850	1400	.24	.42	1.00	4.3	
	20x24x1	19-3/8 x 23-3/8 x 3/4	HE40-0101	1000	1665	.24	.42	1.00	5.1	
20x25x1	19-1/2 x 24-1/2 x 3/4	HE40-0501	1050	1750	.24	.42	1.00	5.4		
20x30x1	19-1/2 x 29-1/2 x 3/4	HE40-0301	1200	1600	.24	.42	1.00	4.3		
24x24x1	23-1/2 x 23-1/2 x 3/4	HE40-4401	1200	2000	.24	.42	1.00	6.0		
25x25x1	24-1/2 x 24-1/2 x 3/4	HE40-5501	1200	2000	.24	.42	1.00	6.6		
2 10 plates per lineal foot of face area	10x20x2	9-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-1002	425	700	.16	.24	1.00	4.6	3.1
	12x12x2	11-1/2 x 11-1/2 x 1-3/4	HE40-2202	600	900	.16	.24	1.00	3.1	
	12x20x2	11-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-2002	500	850	.16	.24	1.00	5.1	
	12x24x2	11-3/8 x 23-3/8 x 1-3/4	HE40-2402	600	1000	.16	.24	1.00	6.1	
	14x20x2	13-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-4002	585	975	.16	.24	1.00	5.6	
	14x25x2	13-1/2 x 24-1/2 x 1-3/4	HE40-4502	730	1215	.16	.24	1.00	7.0	
	15x20x2	14-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-5002	625	1040	.16	.24	1.00	6.1	
	16x16x2	15-1/2 x 15-1/2 x 1-3/4	HE40-6602D	530	890	.16	.24	1.00	5.7	
	16x20x2	15-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-6002	685	1100	.16	.24	1.00	6.6	
	16x24x2	15-1/2 x 23-3/8 x 1-3/4	HE40-6402	800	1335	.16	.24	1.00	7.4	
	16x25x2	15-1/2 x 24-1/2 x 1-3/4	HE40-6502	850	1400	.16	.24	1.00	8.3	
	18x20x2	17-3/8 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-8002	750	1250	.16	.24	1.00	7.1	
	18x22x2	17-3/8 x 21-1/2 x 1-3/4	HE40-8202	900	1500	.16	.24	1.00	7.8	
	18x24x2	17-3/8 x 23-3/8 x 1-3/4	HE40-8402	900	1500	.16	.24	1.00	9.1	
	18x25x2	17-3/8 x 24-1/2 x 1-3/4	HE40-8502	950	1550	.16	.24	1.00	9.6	
	20x20x2	19-1/2 x 19-1/2 x 1-3/4	HE40-0002	850	1400	.16	.24	1.00	8.1	
	20x24x2	19-3/8 x 23-3/8 x 1-3/4	HE40-0402	1000	1665	.16	.24	1.00	9.7	
20x25x2	19-1/2 x 24-1/2 x 1-3/4	HE40-0502	1050	1750	.16	.24	1.00	10.2		
20x30x2	19-1/2 x 29-1/2 x 1-3/4	HE40-0302	1200	2000	.16	.24	1.00	13.1		
24x24x2	23-3/8 x 23-3/8 x 1-3/4	HE40-4402	1200	2000	.16	.24	1.00	11.6		
25x25x2	24-1/2 x 24-1/2 x 1-3/4	HE40-5502	1200	2000	.16	.24	1.00	12.8		
4 9 plates per lineal foot of face area	12x24x4	11-3/8 x 23-3/8 x 3-3/4	HE40-2404	1000	1250	.20	.28	1.00	11.3	5.8
	16x20x4	15-3/8 x 19-3/8 x 3-3/4	HE40-6004	1100	1400	.20	.28	1.00	12.7	
	16x25x4	15-3/8 x 24-3/8 x 3-3/4	HE40-6504	1400	1750	.20	.28	1.00	15.9	
	18x24x4	17-3/8 x 23-3/8 x 3-3/4	HE40-8404	1500	1875	.20	.28	1.00	16.6	
	20x20x4	19-3/8 x 19-3/8 x 3-3/4	HE40-0004	1400	1750	.20	.28	1.00	15.9	
	20x24x4	19-3/8 x 23-3/8 x 3-3/4	HE40-0404	1625	2050	.20	.28	1.00	19.2	
	20x25x4	19-3/8 x 24-3/8 x 3-3/4	HE40-0504	1750	2170	.20	.28	1.00	20.0	
	24x24x4	23-3/8 x 23-3/8 x 3-3/4	HE40-4404	2000	2500	.20	.28	1.00	23.0	
25x29x4	24-1/2 x 28-1/2 x 3-3/4	HE40-5904	2500	3150	.20	.28	1.00	29.3		
28x30x4	27-1/2 x 29-1/2 x 3-3/4	HE40-8004	2900	3650	.20	.28	1.00	33.6		

(1) Width and height dimensions are interchangeable. The hi-E 40 may be installed with plates running vertical or horizontal.
 (2) Capacity ratings are recommended levels. Resistance to airflow data is based on ASHRAE No. 52.1-1992 Test Method. Performance tolerances conform to Section 7.4 of ARI Standard 850-93.
 (3) The recommended final operating resistance is typical of systems currently in operation. The hi-E 40 can be operated to higher or lower final resistance levels without adversely affecting filter efficiency.

Fuente: Catálogo Purolator

Figura N° 4.5: Selección de filtro tipo Bolsa, marca Purolator

SERVA-PAK™ S

Performance Data: SERVA-PAK 50-S
Series Type 50S: 50-55% ASHRAE efficient

Nominal size WxHxD	Actual size WxHxD	# of pockets	Media area sq. ft.	model no.	CFM capacity			Resist. in. W.G.		
					low	med	high	low	med	high
24x24x11	23-5/16x23-5/16x11	6	24	SP50S06 4411	1200	1500	2000	.10	.14	.21
20x24x11	19-5/16x23-5/16x11	5	20	SP50S05 0411	1250	1600	2000	.14	.21	.29
20x20x11	19-5/16x19-5/16x11	5	17	SP50S05 0011	1150	1500	1750	.17	.25	.33
12x24x11	11-5/16x23-5/16x11	3	12	SP50S03 2411	1750	1000	1200	.13	.20	.29
24x24x19	23-5/16x23-5/16x19	6	42	SP50S06 4419	1200	1500	2000	.08	.10	.14
20x24x19	19-5/16x23-5/16x19	5	35	SP50S05 0419	1600	2000	2500	.13	.20	.30
20x20x19	19-5/16x19-5/16x19	5	30	SP50S05 0019	1500	1750	2000	.18	.23	.30
12x24x19	11-5/16x23-5/16x19	3	21	SP50S03 2419	1000	1200	1500	.16	.23	.33

Performance Data: SERVA-PAK 65S/85S/95S

Nominal size WxHxD	# of pockets	Media area sq. ft.	CFM capacity	65S			85S			95S								
				low	med	high	low	med	high	low	med	high						
24x24x22	8	62	1500	1500	2000	2500	SP65S08 4422	.09	.25	.21	SP85S08 4422	.12	.20	.30	SP95S08 4422	.16	.26	.38
24x24x22	6	48	800	1250	1500	2000	SP65S06 4422	.07	.13	.16	SP85S06 4422	.12	.20	.24	SP95S06 4422	.15	.26	.34
20x24x22	5	40	750	1000	1250	1600	SP65S05 0422	.09	.15	.21	SP85S05 0422	.12	.20	.30	SP95S05 0422	.16	.26	.38
20x20x22	5	33	—	750	1000	1250	SP65S05 0022	.09	.15	.21	SP85S05 0022	.12	.20	.30	SP95S05 0022	.16	.26	.38
12x24x22	4	31	500	750	1000	1250	SP65S04 2422	.09	.15	.21	SP85S04 2422	.12	.20	.30	SP95S04 2422	.16	.26	.38
12x24x22	3	24	500	625	750	1000	SP65S03 2422	.07	.13	.16	SP85S03 2422	.12	.20	.24	SP95S03 2422	.15	.26	.34
24x24x26	8	73	1000	1500	2000	2500	SP65S08 4426	.08	.14	.23	SP85S08 4426	.14	.23	.34	SP95S08 4426	.16	.27	.39
24x24x26	6	56	1000	1500	2000	2500	SP65S06 4426	.06	.12	.20	SP85S06 4426	.18	.26	.39	SP95S06 4426	.16	.26	.38
20x24x26	5	47	800	1200	1600	2000	SP65S05 0426	.08	.14	.23	SP85S05 0426	.14	.23	.34	SP95S05 0426	.16	.27	.39
20x20x26	5	39	800	1200	1600	2000	SP65S05 0026	.08	.14	.23	SP85S05 0026	.14	.23	.34	SP95S05 0026	.16	.27	.39
12x24x26	4	33	750	1000	1250	1600	SP65S04 2426	.08	.14	.23	SP85S04 2426	.14	.23	.34	SP95S04 2426	.16	.27	.39
12x24x26	3	28	—	750	1000	1250	SP65S03 2426	.06	.12	.20	SP85S03 2426	.18	.26	.39	SP95S03 2426	.16	.26	.38
24x24x30	10	107	1500	2000	2500	3000	SP65S10 4430	.15	.28	.38	SP85S10 4430	.24	.38	.50	SP95S10 4430	.28	.40	.52
24x24x30	8	84	1500	2000	2500	3000	SP65S08 4430	.09	.15	.24	SP85S08 4430	.18	.32	.43	SP95S08 4430	.20	.31	.45
24x24x30	6	65	—	1500	2000	2500	SP65S06 4430	.10	.18	.28	SP85S06 4430	.15	.25	.38	SP95S06 4430	.17	.26	.39
20x24x30	5	54	—	1200	1600	2000	SP65S05 0430	.09	.15	.24	SP85S05 0430	.18	.32	.43	SP95S05 0430	.20	.31	.45
20x20x30	5	45	—	1200	1600	2000	SP65S05 0030	.09	.15	.24	SP85S05 0030	.18	.32	.43	SP95S05 0030	.20	.31	.45
12x24x30	4	42	750	1000	1200	1500	SP65S04 2430	.09	.15	.24	SP85S04 2430	.18	.32	.43	SP95S04 2430	.20	.31	.45
12x24x30	3	33	—	750	1000	1200	SP65S03 2430	.10	.18	.28	SP85S03 2430	.15	.25	.38	SP95S03 2430	.17	.26	.39
24x24x36	8	106	1500	2000	2500	3000	SP65S08 4436	.09	.25	.34	SP85S08 4436	.18	.32	.43	SP95S08 4436	.20	.34	.45

Nominal Size W x H	Actual Size W x H	<p>To calculate Gross media required use the following formula: Gross media area (sq. foot.) = (2 x [# of pockets] x (pocket width") x (pocket depth))) + 144 Example: SP95S084422 = (2 x [(8 x 25 x 22)]) + 144 = 61.1 Square feet *Pocket widths: 6- or 7-pocket = 26"; 8- or 9-pocket = 25"; 10-pocket=24.75"; 12-pocket=24"</p>
24" x 24"	23-5/16" x 23-5/16"	
20" x 24"	19-5/16" x 23 5/16"	
20" x 20"	19-5/16" x 19-5/16"	
12" x 24"	11-5/16" x 23-5/16"	

Nominal and Actual Depths are 11", 19", 22", 26", and 30"

P-SPAKS-407

Fuente: Catálogo Purolator

Los filtros se fabrican de una dimensión determinada para un caudal de aire específico. La cantidad de filtros seleccionados, de un mismo tipo, resulta de la división del caudal total de aire que circula por la caja porta filtro entre el caudal de cada filtro.

El Cuadro N° 4.10 muestra a los filtros primarios y secundarios seleccionados, se observan los modelos, eficiencia, dimensiones y caídas de presión de los filtros.

Cuadro N° 4.10: Resumen de Selección de filtros primarios y secundarios, marca Purolator

CAJA PORTAFILTRO													
Código	Caudal	Tipo de filtro	Efic. Filtro	Filtro	Lado l	x	Lado l	x	Espesor	Nº Filtros	Caudal de Filtro	Velocidad de filtro	Caída de presión
	cfm		%	Selecc.	pulg		pulg		pulg		cfm	fpm	pulg.c.²
CPF-01	9262,70	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2315,68	578,92	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
													Total
CPF-02	9262,70	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2315,68	578,92	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2315,68	578,92	0,19
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	4,00	2315,68	578,92	0,52
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
													Total
CPF-03	8662,70	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2165,68	541,42	0,22
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2165,68	541,42	0,17
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	4,00	2165,68	541,42	0,49
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	4,00	2165,68	541,42	1,46
													Total
CPF-04	9089,03	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2272,26	568,06	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
													Total
CPF-05	9089,03	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2272,26	568,06	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2272,26	568,06	0,18
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	4,00	2272,26	568,06	0,51
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
													Total

CAJA PORTAFILTRO													
Código	Caudal	Tipo de filtro	Efic. Filtro	Filtro	Lado l	x	Lado l	x	Espesor	Nº Filtros	Caudal de Filtro	Velocidad de filtro	Caída c presión
	cfm		%	Selecc.	pulg		pulg		pulg		cfm	fpm	pulg.c.:
CPF-06	8289,03	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2072,26	518,06	0,21
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	4,00	2072,26	518,06	0,17
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	4,00	2072,26	518,06	0,47
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	4,00	2072,26	518,06	1,40
CPF-07	712,85	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	712,85	178,21	0,06
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPF-08	712,85	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	712,85	178,21	0,07
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	712,85	178,21	0,06
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	1,00	712,85	178,21	0,16
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPF-09	1312,85	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	1312,85	328,21	0,13
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	1312,85	328,21	0,11
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	1,00	1312,85	328,21	0,30
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	4,00	328,21	82,05	0,22
CPF-10	2339,98	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	2,00	1169,99	292,50	0,12
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPF-11	2339,98	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	2339,98	584,99	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	2339,98	584,99	0,19
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	1,00	2339,98	584,99	0,53
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CPF-12	2339,98	Sintético	20,00	F312-2"	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	2339,98	584,99	0,23
		Corrugado	25,00	HE40-4402	24,00	x	24,00	x	2,00	1,00	2339,98	584,99	0,19
		Bolsa	95,00	SP9508 4422	24,00	x	24,00	x	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hepa	99,99	UCGLV99-24024012	24,00	x	24,00	x	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Propia

4.6. Determinación del tramo de ductería utilizando el método de caída de presión constante.

Con la caída de presión constante de 0,10 pulgadas por cada 100 pies de tramo de ducto determinamos el sistema de ductería. Para la dimensión de los ductos metálicos se utiliza el ductulador marca Greenheck.

El plano IM-08 muestra las cuatro zonas con su sistema de ductería determinada.

4.7. Determinación de la caída de presión en el sistema de ventilación y filtración de aire

El Cuadro N° 4.11 muestra las pérdidas de fricción en cada accesorio, codos, derivaciones y transiciones del sistema de ventilación; el cual servirá para la selección de los ventiladores.

Cuadro N° 4.11: Pérdidas de fricción de cada zona del sistema de ventilación, presurización y filtración de aire

Item	Sección	Componente	Flujo (cfm)	Dimensión del ducto			Área ducto (a x b) pie ²	Velocidad (pie/min)	Pérdida fricción (pulg agua por 100 pies)	Longitud		Coef. pérdidas C	Pérdida de Presión (pulg. agua)
				a	x	b				(m)	(pie)		
				(pulg)		(pulg)							
1.-	ZONA 1												
	DESCARGA DE INYECTOR												
1	Z1-1	Succión del Inyector-Filtro	9262,70									0,2300	
2	Z1-2-3	Ventilador Inyector	9262,70									0,5000	
3	Z1-4	Caja Filtro Inyector-Filtro SI	9262,70	48,00	x	48,00	16,00	578,92				0,2316	
3	Z1-4	Caja Filtro Inyector-Filtro Corrugado	9262,70	48,00	x	48,00	16,00	578,92				0,1853	
3	Z1-4	Caja Filtro Inyector-Filtro Bolsa	9262,70	48,00	x	48,00	16,00	578,92				0,5210	
4	Z1-5	Transición convergente caja filtro	9262,70	48,00	x	20,00	6,67	1389,41			0,06	0,0072	
5	Z1-6	Ducto recto		48,00	x	20,00	6,67		0,1	2,32	7,6115	0,0076	
6	Z1-7	Transición convergente	6572,00	30,00	x	24,00	5,00	1314,40			0,06	0,0063	
7	Z1-8	Ducto recto		30,00	x	24,00	5,00		0,1	2,93	9,6129	0,0096	
8	Z1-9	Transición convergente	5354,00	26,00	x	22,00	3,97	1347,86			0,06	0,0068	
9	Z1-10	Ducto recto		26,00	x	22,00	3,97		0,1	1,39	4,3604	0,0046	
10	Z1-11	Transición convergente	4760,00	22,00	x	22,00	3,36	1416,20			0,06	0,0073	
11	Z1-12	Ducto recto		22,00	x	22,00	3,36		0,1	2,87	9,4160	0,0094	
12	Z1-13	Transición convergente	4168,00	22,00	x	20,00	3,06	1364,07			0,06	0,0070	
13	Z1-14	Ducto recto		20,00	x	20,00	2,78		0,1	1,42	4,6388	0,0047	
14	Z1-15	Transición convergente	3278,00	20,00	x	19,00	2,64	1242,19			0,06	0,0058	
15	Z1-16	Ducto recto		20,00	x	19,00	2,64	0,00	0,1	2,85	9,3504	0,0094	
16	Z1-17	Transición convergente	2982,00	18,00	x	13,00	1,63	1835,08			0,06	0,0126	
17	Z1-18	Ducto recto		18,00	x	13,00	1,63	0,00	0,1	0,46	1,5092	0,0015	
18	Z1-19	Codo	1466,00	18,00	x	13,00	1,63	902,15			1,15	0,0583	
19	Z1-20	Ducto recto		18,00	x	13,00	1,63	0,00	0,1	1,04	3,4121	0,0034	
20	Z1-21	Ramificación Te, 45°	294,00	12,00	x	6,00	0,50	588,00			1,2	0,0259	
21	Z1-22	Ducto recto		12,00	x	6,00	0,50	0,00	0,1	0,7	2,2966	0,0023	
22	Z1-23	Descarga de aire en FH-10	294,00	24,00	x	24,00	4,00	985,00				0,3971	
												2,2552	
	RETORNO DE EXTRACTOR												
1	Z1'-1	Extracción de aire en RE-17	826,00									0,0630	
2	Z1'-2	Ducto recto-elevación	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00	0,1	2,8	9,1864	0,0092	
3	Z1'-2'	Elevación	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00	0,1	2,8	9,1864	0,0402	
4	Z1'-3	Codo	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00			1,2	0,0512	
5	Z1'-4	Ducto recto	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00	0,1	1,68	5,5118	0,0055	
6	Z1'-5	Codo	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00			1,2	0,0512	

Item	Sección	Componente	Flujo (cfm)	Dimensión del ducto			Área ducto (a x b) pie ²	Velocidad (pie/min)	Pérdida fricción (pulg agua por 100 pies)	Longitud		Coef. pérdidas C	Pérdida de Presión (pulg. agua)
				a	x	b				(m)	(pie)		
				(pulg)		(pulg)							
7	Z1'-6	Ducto recto	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00	0,1	6,7	21,9816		0,0220
8	Z1'-7	Ramificación Te, 45°	826,00	12,00	x	12,00	1,00	826,00				0,45	0,0192
9	Z1'-8	Ducto recto		20,00	x	12,00	1,67		0,1	0,76	2,4934		0,0025
10	Z1'-9	Transición convergente	1584,00	20,00	x	12,00	1,67	950,40				0,06	0,0034
11	Z1'-10	Ducto recto		20,00	x	15,00	2,08		0,1	3,08	10,1050		0,0101
12	Z1'-11	Transición convergente	2105,00	20,00	x	15,00	2,08	1010,40				0,06	0,0038
13	Z1'-12	Ducto recto		20,00	x	20,00	2,78		0,1	1,55	5,0853		0,0051
14	Z1'-13	Transición convergente	3097,00	20,00	x	20,00	2,78	1114,92				0,06	0,0047
15	Z1'-14	Ducto recto		25,00	x	17,00	2,95		0,1	1,79	5,8727		0,0059
16	Z1'-15	Transición convergente	3889,00	25,00	x	17,00	2,95	1317,68				0,06	0,0065
17	Z1'-16	Ducto recto		25,00	x	23,00	3,99		0,1	3,46	11,3517		0,0114
18	Z1'-17	Ye, rectangular	5294,00	25,00	x	23,00	3,99	1325,80				0,7	0,0769
19	Z1'-18	Ducto recto-elevación	8663,00	35,00	x	25,00	6,08		0,1	2	6,5617		0,0066
20	Z1'-18'	Elevación	8663,00	35,00	x	25,00	6,08			2	6,5617		0,0287
21	Z1'-19	Codo	8663,00	35,00	x	25,00	6,08	1425,68				1,1	0,1397
22	Z1'-20	Equipo Colector	8663,00										4,0000
23	Z1'-21	Codo	8663,00	35,00	x	25,00	6,08	1425,68				1,1	0,1397
24	Z1'-21'	Descenso	8663,00	35,00	x	25,00	6,08			-2	-6,5617		-0,0287
25	Z1'-22	Codo	8663,00	35,00	x	25,00	6,08	1425,68				1,1	0,1397
26	Z1'-23	Equipo Extractor	8663,00										0,5000
27	Z1'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro SI	8663,00	48,00	x	48,00	16,00	541,44					0,2166
28	Z1'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro Corrugado	8663,00	48,00	x	48,00	16,00	541,44					0,1733
29	Z1'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro Bolsa	8663,00	48,00	x	48,00	16,00	541,44					0,4873
30	Z1'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro Hcpa	8663,00	48,00	x	48,00	16,00	541,44					1,4618
													7,6563
II.-	ZONA 2												
		DESCARGA DE INYECTOR											
1	Z2-1	Succión del Inyector-Filtro	9089,00										0,2300
2	Z2-2	Ventilador Inyector	9089,00										0,5000
3	Z2-3	Caja Filtro Inyector-Filtro SI	9089,00	48,00	x	48,00	16,00	568,06					0,2272
4	Z2-3	Caja Filtro Inyector-Filtro Corrugado	9089,00	48,00	x	48,00	16,00	568,06					0,1818
5	Z2-3	Caja Filtro Inyector-Filtro Bolsa	9089,00	48,00	x	48,00	16,00	568,06					0,5113
6	Z2-4	Transición convergente caja filtro	9089,00	48,00	x	20,00	6,67	1363,35				0,06	0,0070
7	Z2-5	Ducto recto		48,00	x	20,00	6,67		0,1	2,2	7,2178		0,0072
8	Z2-6	Transición convergente	6982,00	30,00	x	25,00	5,21	1340,54				0,06	0,0067
9	Z2-7	Ducto recto		30,00	x	25,00	5,21		0,1	3,98	####		0,0131
10	Z2-8	Transición convergente	5458,00	30,00	x	20,00	4,17	1309,92				0,06	0,0064
11	Z2-9	Ducto recto		30,00	x	20,00	4,17		0,1	2,94	9,6457		0,0096

Item	Sección	Componente	Flujo(cfm)	Dimensión del ducto			Área ducto(a x b)pie ²	Velocidad(pie/min)	Pérdida fricción(pulg agua por 100 pies)	Longitud		Coef. pérdidasC	Pérdida de Presión(pulg. agua)
				a	x	b				(m)	(pie)		
				(pulg)		(pulg)							
12	Z2-10	Transición convergente	4240,00	26,00	x	20,00	3,61	1174,15			0,06	0,0052	
13	Z2-11	Ducto recto		26,00	x	20,00	3,61		0,1	2,87	9,4160	0,0094	
14	Z2-12	Transición convergente	2682,00	20,00	x	19,00	2,64	1016,34			0,06	0,0039	
15	Z2-13	Ducto recto		20,00	x	19,00	2,64		0,1	3,3	####	0,0108	
16	Z2-14	Transición convergente	1694,00	16,00	x	16,00	1,78	952,88			0,06	0,0034	
17	Z2-15	Ducto recto		16,00	x	16,00	1,78	0,00	0,1	1,8	5,9055	0,0059	
18	Z2-16	Ranificación Tc. 45°	294,00	12,00	x	6,00	0,50	588,00			0,5	0,0108	
19	Z2-17	Ducto recto		12,00	x	6,00	0,50	0,00	0,1	1	3,2808	0,0033	
24	Z2-18	Descarga de aire en FH-19	294,00	24,00	x	24,00	4,00	985,00				0,3971	
												2,1501	
RETORNO DE EXTRACTOR													
1	Z2'-1	Extracción de aire en RE-26	758,00									0,0630	
2	Z2'-2	Ducto recto-elevación	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00	0,1	2,8	9,1864	0,0092	
3	Z2'-2'	Elevación	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00	0,1	2,8	9,1864	0,0402	
4	Z2'-3	Codo	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00				1,2	0,0431
5	Z2'-4	Ducto recto	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00	0,1	1	3,2808	0,0033	
6	Z2'-5	Codo	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00				1,2	0,0431
7	Z2'-6	Ducto recto	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00	0,1	1,22	4,0026	0,0040	
8	Z2'-7	Transición convergente	758,00	12,00	x	12,00	1,00	758,00			0,06	0,0022	
9	Z2'-8	Ducto recto		17,00	x	12,00	1,42		0,1	3,4	11,1549	0,0112	
10	Z2'-9	Transición convergente	1279,00	17,00	x	12,00	1,42	902,82			0,06	0,0031	
11	Z2'-10	Ducto recto		20,00	x	17,00	2,36		0,1	1,73	5,6759	0,0057	
12	Z2'-11	Transición convergente	2271,00	20,00	x	17,00	2,36	961,84			0,06	0,0035	
13	Z2'-12	Ducto recto		20,00	x	20,00	2,78		0,1	2,26	7,4147	0,0074	
14	Z2'-13	Transición convergente	3036,00	20,00	x	20,00	2,78	1092,96			0,06	0,0045	
15	Z2'-14	Ducto recto		25,00	x	23,00	3,99		0,1	2	6,5617	0,0066	
16	Z2'-15	Ye. rectangular	4441,00	25,00	x	23,00	3,99	1112,18			0,52	0,0402	
17	Z2'-16	Ducto recto-elevación	8289,00	35,00	x	23,00	5,59		0,1	2	6,5617	0,0066	
18	Z2'-17	Elevación	8289,00	35,00	x	23,00	5,59			2	6,5617	0,0287	
19	Z2'-18	Codo	8289,00	35,00	x	23,00	5,59	1482,75			1,1	0,1512	
20	Z2'-19	Equipo Colector	8289,00									4,0000	
21	Z2'-20	Codo	8289,00	35,00	x	25,00	6,08	1364,13			1,1	0,1279	
22	Z2'-21	Descenso	8289,00	35,00	x	25,00	6,08			-2	-6,5617	-0,0287	
23	Z2'-22	Codo	8289,00	35,00	x	25,00	6,08	1364,13			1,1	0,1279	
24	Z2'-23	Equipo Extractor	8289,00									0,5000	
25	Z2'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro SI	8289,00	48,00	x	48,00	16,00	518,06				0,2072	
26	Z2'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro Corrugado	8289,00	48,00	x	48,00	16,00	518,06				0,1658	
27	Z2'-24	Caja Filtro Extractor-Filtro Bolsa	8289,00	48,00	x	48,00	16,00	518,06				0,4663	

Item	Sección	Componente	Flujo(cfm)	Dimensión del ducto			Área ducto(a x b)pie ²	Velocidad(pie/min)	Pérdida fricción(pulg agua por 100 pies)	Longitud		Coef. pérdidas C	Pérdida de Presión(pulg. agua)
				a	x	b				(m)	(pie)		
				(pulg)		(pulg)							
2	Z4-2	Ventilador Inyector	2340,00									0,5000	
3	Z4-3	Caja Filtro Inyector-Filtro SI	2340,00	24,00	x	24,00	4,00	585,00				0,2340	
4	Z4-3	Caja Filtro Inyector-Filtro Corrugado	2340,00	24,00	x	24,00	4,00	585,00				0,1872	
5	Z4-3	Caja Filtro Inyector-Filtro Bolsa	2340,00	24,00	x	24,00	4,00	585,00				0,5265	
6	Z4-4	Transición convergente caja filtro	2340,00	20,00	x	18,00	2,50	936,00			0,06	0,0033	
7	Z4-5	Ducto recto		20,00	x	18,00	2,50		0,1	0,86	2,8215	0,0028	
8	Z4-6	Transición convergente	1754,00	16,00	x	16,00	1,78	986,63			0,06	0,0037	
9	Z4-7	Ducto recto		16,00	x	16,00	1,78		0,1	1	3,2808	0,0033	
10	Z4-8	Ramificación Te. 45°	587,00	12,00	x	10,00	0,83	704,40			0,62	0,0192	
11	Z4-9	Ducto recto		12,00	x	10,00	0,83		0,1	3,34	####	0,0110	
12	Z4-10	Transición convergente	294,00	12,00	x	6,00	0,50	985,00			0,06	0,0036	
13	Z4-11	Ducto recto		12,00	x	6,00	0,50		0,1	1,32	4,3307	0,0043	
14	Z4-12	Codo	294,00	12,00	x	6,00	0,50	588,00			1	0,0216	
15	Z4-13	Ducto recto		16,00	x	6,00	0,67		0,1	1,62	5,3150	0,0053	
16	Z4-14	Descarga de aire en DIF-11	294,00	15,00	x	15,00	1,56	985,00				0,0433	
												1,6861	
	RETORNO DE EXTRACTOR												
1	Z4'-1	Extracción de aire en RE-41	293,00									0,0630	
7	Z4'-2	Ducto recto	293,00	12,00	x	6,00	0,50	586,00	0,1	2,68	8,7927	0,0088	
14	Z4'-3	Codo	293,00	12,00	x	6,00	0,50	586,00			1	0,0215	
8	Z4'-4	Transición convergente	293,00	12,00	x	6,00	0,50	586,00			0,06	0,0013	
9	Z4'-5	Ducto recto		16,00	x	10,00	1,11		0,1	2	6,5617	0,0066	
10	Z4'-6	Transición convergente	879,00	16,00	x	10,00	1,11	791,10			0,06	0,0023	
9	Z4'-7	Ducto recto		16,00	x	16,00	1,78		0,1	3,68	####	0,0121	
10	Z4'-8	Transición convergente	2340,00	20,00	x	18,00	2,50	936,00			0,06	0,0033	
9	Z4'-9	Ducto recto		20,00	x	18,00	2,50		0,1	1,15	3,7730	0,0038	
12	Z4'-10	Equipo Extractor	2340,00									0,5000	
13	Z4'-11	Caja Filtro Extractor-Filtro SI	2340,00	24,00	x	24,00	4,00	585,00				0,2340	
14	Z4'-11	Caja Filtro Extractor-Filtro Corrugado	2340,00	24,00	x	24,00	4,00	585,00				0,1872	

Fuente: Propia

Cuadro N° 4.12: Resumen de pérdidas de fricción de cada zona del sistema

Item	Zona	Componente del sistema	Pérdida de Presión por fricción (pulg. agua)
1	ZONA 1	Ventilador Inyector	2,2552
		Ventilador Extractor	7,6563
2	ZONA 2	Ventilador Inyector	2,1501
		Ventilador Extractor	7,4417
3	ZONA 3	Ventilador Inyector	1,3113
		Ventilador Extractor	3,9658
4	ZONA 4	Ventilador Inyector	1,6861
		Ventilador Extractor	1,0438

Fuente: Propia

Corrección de la caída de presión por la altitud

La caída de presión total se corrige aplicando utilizando la ecuación de los gases ideales:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 * \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Donde:

ΔP_2 : Caída de presión por fricción corregida para 2 538 msnm, m c. aire.

ΔP_1 : Caída de presión calculada; m c. aire.

T_1 : Temperatura promedio a nivel del mar: 294,95°K

T_2 : Temperatura promedio a 2 538 msnm: 287,95°K

Como ejemplo de cálculo del Cuadro N° 4.12 tomamos al ventilador inyector de la zona 2 y reemplazamos en la ecuación:

$$\Delta P_2 = 2,1501 \text{ pu lg.c.a} * \left(\frac{287,95^\circ K}{294,95^\circ K} \right)$$

$$\Delta P_2 = 2,0990 \text{ pu lg.c.a}$$

El Cuadro N°4.13 muestra el resumen de la caída de presión corregida por la altitud

Cuadro N°4.13: Resumen de la caída de presión corregida a 2 538 msnm

Item	Zona	Componente del sistema	Pérdida de Presión CORREGIDA (pulg. columna de agua)
1	ZONA 1	Ventilador Inyector	2,2017
		Ventilador Extractor	7,4746
2	ZONA 2	Ventilador Inyector	2,0990
		Ventilador Extractor	7,2651
3	ZONA 3	Ventilador Inyector	1,2802
		Ventilador Extractor	3,8717
4	ZONA 4	Ventilador Inyector	1,6461
		Ventilador Extractor	1,0190

Fuente: Propia

Se observa que la caída de presión corregida ha disminuido para una altitud de 2 538 msnm.

4.8. Especificaciones técnicas de los equipos de ventilación

El Cuadro N° 4.14 muestra la relación de equipos de ventilación por zonas con sus respectivos valores de caudal y caídas de presión en unidades del SI y británicas, los cuales servirán para el cálculo de potencia de los motores eléctricos.

Cuadro N° 4.14: Relación de equipos de ventilación con Q y ΔP

Ítem	Zona	Equipo	Caudal de aire m3/h	Caudal de aire m3/s	Caudal de aire cfm	Caída de presión corregida pulg. c.a	Caída de presión corregida mm. c.a	Caída de presión corregida m. c. aire
1	Zona N°1	IC-01	15746,60	4,37	9262,70	2,2017	55,9228	60,1320
		EC-01	14726,60	4,09	8662,70	7,4746	189,8557	204,1459
2	Zona N°2	IC-02	15451,35	4,29	9089,03	2,0990	53,3157	57,3287
		EC-02	14091,35	3,91	8289,03	7,2651	184,5323	198,4218
3	Zona N°3	IC-03	1211,84	0,34	712,85	1,2802	32,5177	34,9653
		EC-03	2231,84	0,62	1312,85	3,8717	98,3406	105,7426
4	Zona N°4	IC-04	3977,96	1,10	2339,98	1,6461	41,8109	44,9579
		EC-04	3977,96	1,10	2339,98	1,0190	25,8826	27,8307

Fuente: Propia

Potencia de motor eléctrico para los ventiladores inyectores

Como se sabe la ecuación para el cálculo es:

$$P_{me} = 15,24 * Q * \Delta P$$

Donde:

P : Potencia de motor eléctrico, en W

Q : Caudal del aire, en m³/s

ΔP : Caída de presión corregida a 2 538 msnm, en m c.aire

Como ejemplo de cálculo del Cuadro N° 4.14 seleccionamos de la zona N°1 al ventilador inyector IC-01 y reemplazamos:

$$Pme = 15,24 * 4,37 * 60,132$$

$$Pme = 4008,44W$$

Potencia de motor eléctrico para los ventiladores extractores

Como se sabe la ecuación para el cálculo es:

$$Pme = 16,00 * Q * \Delta P$$

Donde:

P : Potencia de motor eléctrico, en W

Q : Caudal del aire, en m³/s

ΔP : Caída de presión corregida a 2 538 msnm, en m c.aire

Como ejemplo de cálculo del Cuadro N° 4.14 seleccionamos de la zona N°1 al ventilador extractor EC-01 y reemplazamos:

$$Pme = 16,00 * 4,09 * 204,1459$$

$$Pme = 13361,66W$$

El Cuadro N° 4.15 muestra el resume de cálculo de los equipos de ventilación con sus características técnicas.

Cuadro N° 4.15: Resumen de características de los equipos de ventilación

Item	Zona	Equipo	Caudal de aire	Caída de presión corregida	Caída de presión corregida	Potencia de motor eléctrico	Potencia de motor eléctrico
			m ³ /h	pulg. c.a	mm. c.a	W	HP
1	Zona N°1	IC-01	15746,60	2,2017	55,9228	4008,44	5,38
		EC-01	14726,60	7,4746	189,8557	13361,66	17,94
2	Zona N°2	IC-02	15451,35	2,0990	53,3157	3749,91	5,03
		EC-02	14091,35	7,2651	184,5323	12426,81	16,68
3	Zona N°3	IC-03	1211,84	1,2802	32,5177	179,38	0,24
		EC-03	2231,84	3,8717	98,3406	1048,89	1,41
4	Zona N°4	IC-04	3977,96	1,6461	41,8109	757,09	1,02
		EC-04	3977,96	1,0190	25,8826	468,67	0,63

Fuente: Propia

La empresa en la cual trabajo, cuenta con un proveedor de ventiladores, el cual es nuestro socio corporativo y todos los equipos de ventilación mecánica son fabricados por ellos. Nuestro proveedor exclusivo es CEOZ y es un fabricante nacional donde su asesoría técnica es constante, el tiempo de fabricación es inmediato y todos los equipos de ventilación que nos han fabricado cumplen con las especificaciones requeridas.

El Cuadro N° 4.16 muestra las características técnicas de cada ventilador y su marca; se observa el modelo seleccionado, las velocidad de rotación y potencia de cada motor eléctrico, la procedencia, el tiempo de fabricación o entrega y el precio.

Las Figuras N° 4.6a hasta Figura N° 4.6d muestran las curvas características de los ventiladores seleccionados.

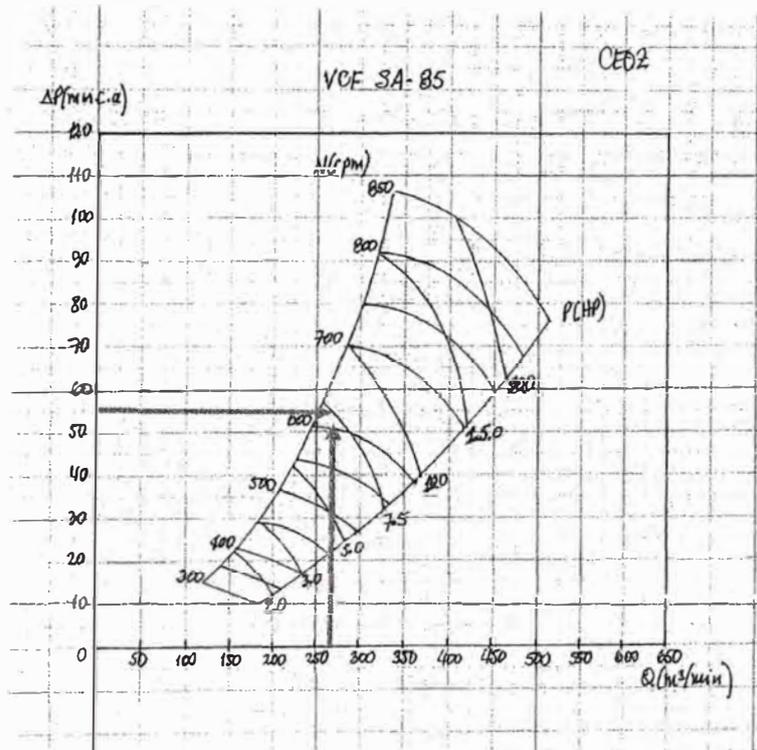
Cuadro N° 4.16: Especificaciones técnicas y selección de los ventiladores

Item	Zona	Equipo	Caudal de aire m3/h	Caída de presión corregida pulg. c.a	Potencia de motor eléctrico HP	Marca: GREENHECK					
						Modelo	Velocidad rpm	Potencia HP	Proced.	Tiempo entrega	Precio USD
1	Zona N°1	IC-01	15746,60	2,2017	5,38	SWB 136/I	620,00	5,00	USA	08 semanas	2350,00
		EC-01	14726,60	7,4746	17,94	SWB 236/II	975,00	20,00	USA	08 semanas	3540,00
2	Zona N°2	IC-02	15451,35	2,0990	5,03	SWB 136/I	600,00	5,00	USA	08 semanas	2350,00
		EC-02	14091,35	7,2651	16,68	SWB 236/II	965,00	15,00	USA	08 semanas	3468,00
3	Zona N°3	IC-03	1211,84	1,2802	0,24	SWB 115/I	1000,00	0,25	USA	08 semanas	687,00
		EC-03	2231,84	3,8717	1,41	SWB 116/I	1600,00	1,50	USA	08 semanas	849,00
4	Zona N°4	IC-04	3977,96	1,6461	1,02	SWB 124/I	710,00	1,00	USA	08 semanas	1130,00
		EC-04	3977,96	1,0190	0,63	SWB 124/I	620,00	0,75	USA	08 semanas	1050,00
15424,00											
Item	Zona	Equipo	Caudal de aire m3/h	Caída de presión corregida pulg. c.a	Potencia de motor eléctrico HP	Marca: S&P					
						Modelo	Velocidad rpm	Potencia HP	Proced.	Tiempo entrega	Precio USD
1	Zona N°1	IC-01	15746,60	2,2017	5,38	SA-30/14	480,00	7,50	México	03 días	1790,00
		EC-01	14726,60	7,4746	17,94	CMII-630	1720,00	15,00	México	08 semanas	2625,00
2	Zona N°2	IC-02	15451,35	2,0990	5,03	SA-30/14	440,00	7,50	México	03 días	1790,00
		EC-02	14091,35	7,2651	16,68	CMII-630	1700,00	15,00	México	08 semanas	2625,00
3	Zona N°3	IC-03	1211,84	1,2802	0,24	SA-9/4	1450,00	0,50	México	03 días	439,00
		EC-03	2231,84	3,8717	1,41	SA-15/8	1200,00	1,50	México	03 días	542,00
4	Zona N°4	IC-04	3977,96	1,6461	1,02	SA-15/8	900,00	2,00	México	03 días	570,00
		EC-04	3977,96	1,0190	0,63	SA-15/8	800,00	2,00	México	03 días	570,00
10951,00											
Item	Zona	Equipo	Caudal de aire m3/h	Caída de presión corregida pulg. c.a	Potencia de motor eléctrico HP	Marca: CEOZ					
						Modelo	Velocidad rpm	Potencia HP	Proced.	Tiempo entrega	Precio USD
1	Zona N°1	IC-01	15746,60	2,2017	5,38	VCF SA-85	590,00	10,00	Perú	02 Semanas	1235,00
		EC-01	14726,60	7,4746	17,94	VCB SA-70	2000,00	15,00	Perú	02 Semanas	1940,00
2	Zona N°2	IC-02	15451,35	2,0990	5,03	VCF SA-85	580,00	10,00	Perú	02 Semanas	1235,00
		EC-02	14091,35	7,2651	16,68	VCB SA-70	1790,00	15,00	Perú	02 Semanas	1940,00
3	Zona N°3	IC-03	1211,84	1,2802	0,24	VCF SA-30	1200,00	0,50	Perú	02 Semanas	410,00
		EC-03	2231,84	3,8717	1,41	VCF SA-30	1800,00	1,50	Perú	02 Semanas	568,00
4	Zona N°4	IC-04	3977,96	1,6461	1,02	VCF SA-42	990,00	1,50	Perú	02 Semanas	486,00
		EC-04	3977,96	1,0190	0,63	VCF SA-42	820,00	1,00	Perú	02 Semanas	470,00
8284,00											

Fuente: Propia

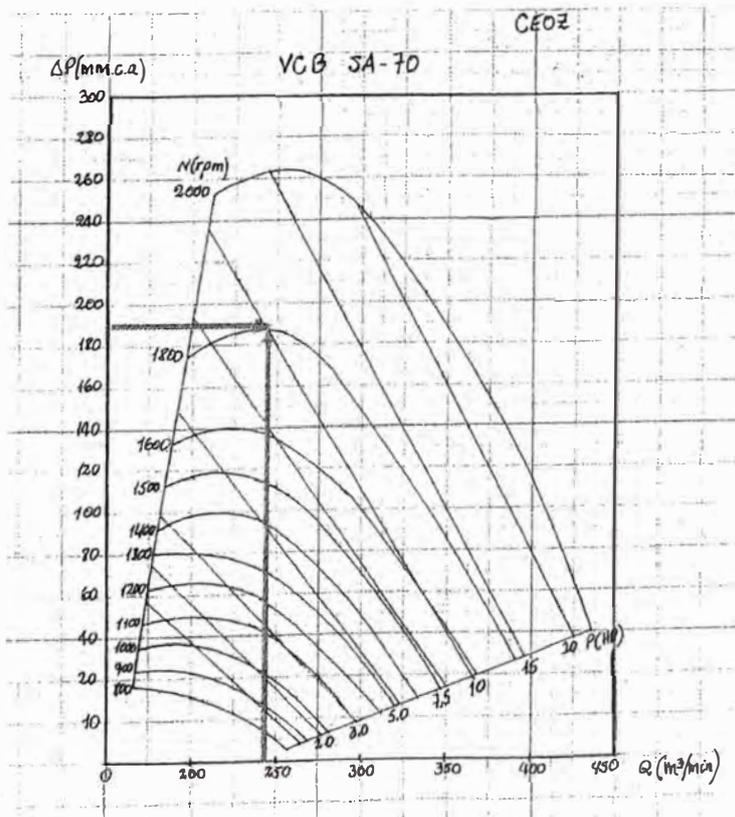
En el cuadro se observa que nuestro proveedor CEOZ es el que mejor cumple con nuestros requerimientos en tiempo de entrega y precios.

Figura N° 4.6a: Selección de Ventilador VCF SA-85, marca CEOZ



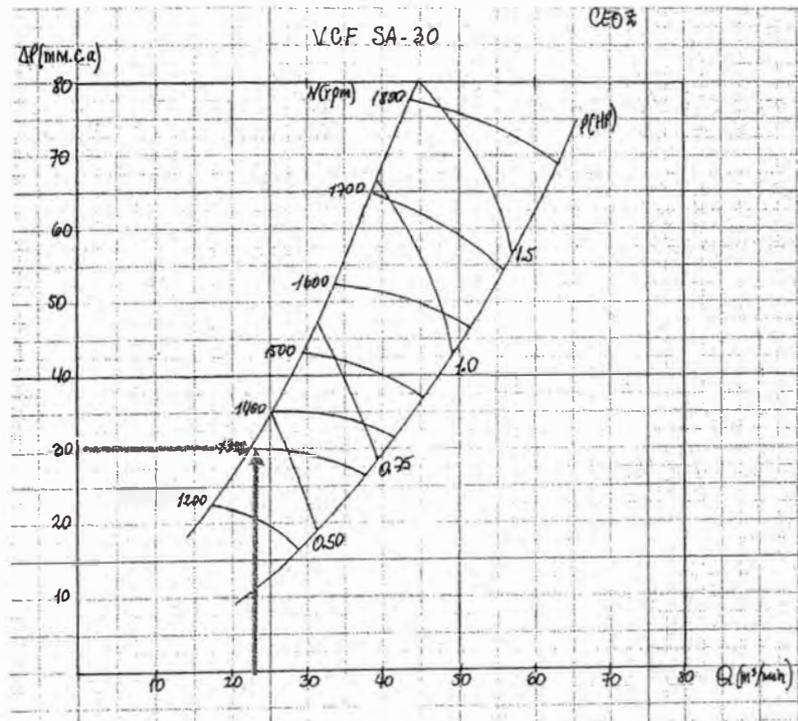
Fuente: Catálogo CEOZ

Figura N° 4.6b: Selección de Ventilador VCF SA-70, marca CEOZ



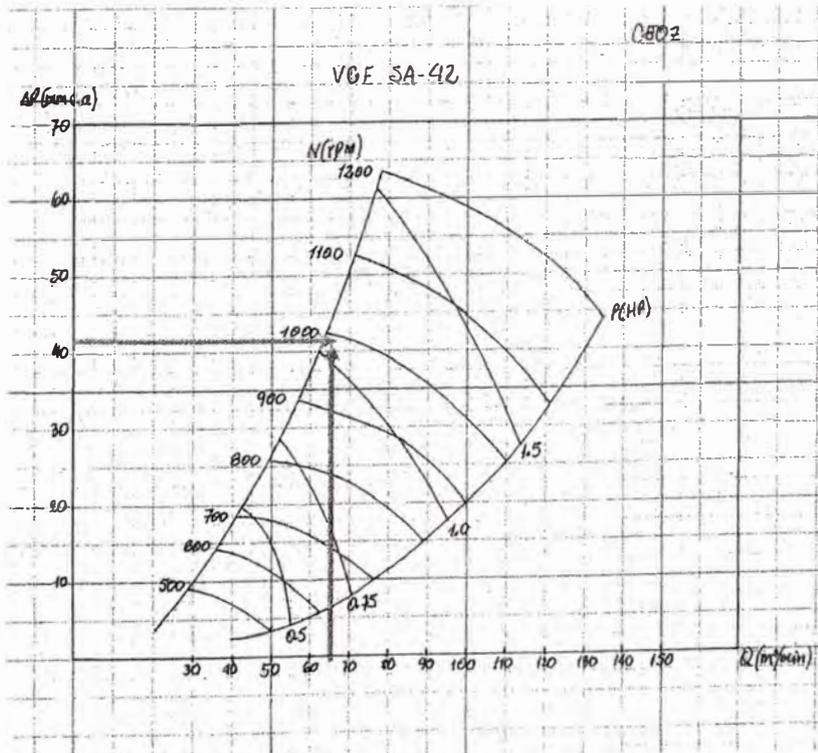
Fuente: Catálogo CEOZ

Figura N° 4.6c: Selección de Ventilador VCF SA-30, marca CEOZ



Fuente: Catálogo CEOZ

Figura N° 4.6d: Selección de Ventilador VCF SA-42, marca CEOZ



Fuente: Catálogo CEOZ

4.9. Especificaciones técnicas de los colectores de polvo.

Para la selección de los colectores de polvo es importante considerar el tiempo de entrega y los precios. Los parámetros que nos solicita el proveedor para su selección y oferta son: El caudal, el tamaño de las partículas o producto que se extrae y la eficiencia o porcentaje de colección de polvo.

- El caudal: Es el calculado y corregido (ver Cuadro N° 4.14),
- El tamaño de las partículas de polvo: Se generan en la fabricación de productos farmacéuticos y se extraen en el sistema. Este dato se solicita al cliente y se estima en partículas de diámetro promedio de 50 micrones.
- El porcentaje de eficiencia: Es un parámetro que se solicita al proveedor de acuerdo al equipo que va a fabricar. En este caso se ha considerado de mediana eficiencia a 40% de colección de polvo.

Cuadro N° 4.17: Especificación técnica de los colectores de polvo.

Item	Zona	Equipo	Caudal	Caudal	Marca: Casiba					
			Q	Q	Modelo	Tamaño partícula	Eficiencia	Procedencia	Tiempo entrega	Precio
			m3/h	cfm		micrones	%		semanas	USD
1	Zona 1	CP-01	18770.09	11041.23	TK32	0.50	99.99	Argentina	10.00	4360.00
2	Zona 2	CP-02	17960.43	10564.96	TK32	0.50	99.99	Argentina	10.00	4360.00
3	Zona 3	CP-03	2844.64	1673.32	TK4	0.50	99.99	Argentina	10.00	2350.00
										11070.00
IT	Zona	Equipo	Caudal	Caudal	Marca: Hispania					
			Q	Q	Modelo	Tamaño partícula	Eficiencia	Tiempo entrega	Tiempo entrega	Precio
			m3/h	cfm		micrones	%	semanas	semanas	USD
1	Zona 1	CP-01	18770.09	11041.23	CCME-120	50.00	40.00	Perú	1.00	890.00
2	Zona 2	CP-02	17960.43	10564.96	CCME-120	50.00	40.00	Perú	1.00	890.00
3	Zona 3	CP-03	2844.64	1673.32	CCME-20	50.00	40.00	Perú	1.00	530.00
										2310.00

Fuente: Propia

Según el cuadro se observa que los equipos EC-01 y EC-02, marca Hispania, se acerca a nuestra necesidad del colector de polvo.

Para el equipo CP-03 fabricaremos un gabinete tipo trampa de polvo, ya que el funcionamiento de este equipo dentro del ambiente de dispensación es de aproximadamente 6.0 horas/día y no necesita mayor inversión.

Realizada la selección de equipos, accesorios, filtros, pre filtros y otros; se procedió a elaborar la propuesta técnica del sistema de ventilación y filtración de aire.

CAPÍTULO 5

PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRADO DE AIRE

La propuesta del sistema de ventilación y filtración de aire consiste en la exposición conjunta de todos los elementos que conforman cada zona del sistema. Todo lo desarrollado hasta los capítulos anteriores sirven para la elaboración de la propuesta técnica indicado en los planos que forman parte del presente informe.

5.1. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°1.

Los planos IM-03 e IM-05 muestran la propuesta técnica del sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire para la Zona N°1.

El plano IM-03 muestra todos los elementos del sistema de ventilación que se encuentran dentro de los ambientes de producción de la zona N°1; como los filtros terminales tipo HEPA, las rejillas de extracción de aire, las rejillas de tránsito en puertas y los manómetros diferenciales.

El plano IM-05 muestra todos los elementos del sistema de ventilación y filtrado de aires ubicados en la azotea de la zona N°1, como los equipos de ventilación, el tramo de ductería de inyección y extracción, las cajas porta filtros y los equipos colectores de polvo.

5.2. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°2.

Los planos IM-03 e IM-06 muestran la propuesta técnica del sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire para la Zona N°2.

El plano IM-03 muestra todos los elementos del sistema de ventilación que se encuentran dentro de los ambientes de producción de la zona N°2; como los filtros terminales tipo HEPA, las rejillas de extracción de aire, las rejillas de tránsito en puertas y los manómetros diferenciales.

El plano IM-06 muestra todos los elementos del sistema de ventilación y filtrado de aires ubicados en la azotea de la zona N°2, como los equipos de ventilación, el tramo de ductería de inyección y extracción, las cajas porta filtros y los equipos colectores de polvo.

5.3. Sistema de ventilación de aire y filtrado de aire para la Zona N°3 y Zona N°4.

Los planos IM-03 e IM-07 muestran la propuesta técnica del sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire para la Zona N°2 y Zona N°4.

El plano IM-03 muestra todos los elementos del sistema de ventilación que se encuentran dentro del ambiente de dispensación y vestidores; como los filtros terminales tipo HEPA, los difusores de inyección de aire, las rejillas de extracción de aire, las rejillas de tránsito en puertas y los manómetros diferenciales.

El plano IM-07 muestra todos los elementos del sistema de ventilación y filtrado de aires ubicados en la azotea de la zona N°3 y zona N°4, como los equipos de ventilación, el tramo de ductería de inyección y extracción, las caja porta filtros y el gabinete colectores de polvo fabricado por ACS.

El plano IM-08 muestra todo el sistema de ventilación y filtrado de aire ubicado en la azotea y que se encuentra funcionando para establecer las condiciones técnicas solicitadas por Naturgen para su producción de penicilinas.

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO

6.1. Metrado del sistema de ventilación y filtrado de aire para la Zona N°1, N°2, N°3 y N°4.

Los planos IM-03, IM-05, IM-06 e IM-07 muestran todos los elementos que están ubicados en las cuatro zonas; que constituye el sistema de ventilación y filtración de aire de la sala limpia de Penicilinas.

El Cuadro N° 6.1 muestra el metrado del sistema de ventilación y filtrado de aire de las cuatro zonas.

Cuadro N° 6.1: Metrado de las zonas

Item	Equipo	Código/Tipo	Especificación técnica				Cantidad
I.- Zona N°1							
1	Inyector centrífugo	IC-01	Q=	11805,97	$\Delta P=$	1,73	1,00
2	Extractor centrífugo	EC-01	Q=	11041,23	$\Delta P=$	5,86	1,00
3	Colector de Polvo	CP-01	Q=	11041,23	%=	40,00	1,00
4	Caja portafiltro	CPF-01	Aloja	4,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
5	Caja portafiltro	CPF-02	Aloja	4,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
				4,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
6	Caja portafiltro	CPF-03	Aloja	4,00	Bolsa=	24"x24"x22"	1,00
				4,00	Sintético=	24"x24"x2"	
				4,00	HEPA=	24"x24"x12"	

Item	Equipo	Código/Tipo	Especificación técnica				Cantidad
7	Filtros de aire-Sintético	SI	%:	20,00	Dimensión:	24"x24"x2"	12,00
8	Filtros de aire-Corrugado	Dp	%:	25,00	Dimensión:	24"x24"x2"	8,00
9	Filtros de aire-Bolsa	B	%:	95,00	Dimensión:	24"x24"x22"	8,00
10	Filtros de aire-Hepa	Hepa	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	4,00
11	Filtros HEPA	FH-1	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-2	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-3	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-4	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-5	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-6	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-7	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-8	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-9	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-10	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-11	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-12	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-13	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-14	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-15	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-16	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
12	Plancha FeG	FeG			Kg		654,00
13	Difusores	DIF-1	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-2	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-3	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-4	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
14	Rejillas de extracción	RE-1	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-2	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-3	Dimensión:	18,00	x	12,00	1,00
		RE-4	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-5	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-6	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-7	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-8	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-9	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-10	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-11	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-12	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-13	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-14	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-15	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-16	Dimensión:	14,00	x	12,00	1,00
		RE-17	Dimensión:	28,00	x	12,00	1,00
		RE-18	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-19	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
15	Rejillas de tránsito	RP	Dimensión:	14,00	x	8,00	13,00
16	Manómetros diferenciales	MD					13,00
17	Manómetros Magnehelic	MM					5,00

Item	Equipo	Código/Tipo	Especificación técnica			Cantidad	
II.- Zona N°2							
1	Inyector centrifugo	IC-02	Q=	11584,61	ΔP=	1,65	1,00
2	Extractor centrifugo	EC-02	Q=	10564,96	ΔP=	5,70	1,00
3	Colector de Polvo	CP-02	Q=	10564,96	%=	40,00	1,00
4	Caja portafiltro	CPF-04	Aloja	4,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
5	Caja portafiltro	CPF-05	Aloja	4,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
			Aloja	4,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
			Aloja	4,00	Bolsa=	24"x24"x22"	
6	Caja portafiltro	CPF-06	Aloja	4,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
			Aloja	4,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
			Aloja	4,00	Bolsa=	24"x24"x22"	
			Aloja	4,00	HEPA=	24"x24"x12"	
7	Filtros de aire-Sintético	SI	%:	20,00	Dimensión:	24"x24"x2"	12,00
8	Filtros de aire-Corrugado	Dp	%:	25,00	Dimensión:	24"x24"x2"	8,00
9	Filtros de aire-Bolsa	B	%:	95,00	Dimensión:	24"x24"x22"	8,00
10	Filtros de aire-Hepa	Hepa	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	4,00
11	Filtros HEPA	FH-17	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-18	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-19	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-20	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-21	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-22	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-23	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-24	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
		FH-25	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-26	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-27	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-28	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
FH-29	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00		
12	Plancha FeG	FeG			Kg		648,00
13	Difusores	DIF-5	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-6	Dimensión:	16,00	x	16,00	1,00
		DIF-7	Dimensión:	16,00	x	16,00	1,00
		DIF-8	Dimensión:	16,00	x	16,00	1,00
		DIF-9	Dimensión:	16,00	x	16,00	1,00
		DIF-10	Dimensión:	16,00	x	16,00	1,00
14	Rejillas de extracción	RE-20	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-21	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-22	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-23	Dimensión:	15,00	x	12,00	1,00
		RE-24	Dimensión:	27,00	x	12,00	1,00
		RE-25	Dimensión:	27,00	x	12,00	1,00
		RE-26	Dimensión:	27,00	x	12,00	1,00
		RE-27	Dimensión:	18,00	x	12,00	1,00
		RE-28	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-29	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
RE-30	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00		

Item	Equipo	Código/Tipo	Especificación técnica			Cantidad	
14	Rejillas de extracción	RE-31	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-32	Dimensión:	17,00	x	12,00	1,00
		RE-35	Dimensión:	16,00	x	12,00	1,00
		RE-36	Dimensión:	16,00	x	12,00	1,00
		RE-37	Dimensión:	16,00	x	12,00	1,00
15	Rejillas de tránsito	RP	Dimensión:	14,00	x	8,00	14,00
16	Manómetros diferenciales	MD					14,00
17	Manómetros Magnehelic	MM					5,00
III.- Zona N°3							
1	Inyector centrífugo	IC-03	Q=	908,58	$\Delta P=$	1,00	1,00
2	Extractor centrífugo	EC-03	Q=	1673,32	$\Delta P=$	3,04	1,00
3	Colector de Polvo	CP-03	Q=	10564,96	%=	40,00	1,00
4	Caja portafiltro	CPF-07	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
5	Caja portafiltro	CPF-08	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
				1,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
				1,00	Bolsa=	24"x24"x22"	
6	Caja portafiltro	CPF-09	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
				1,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
				1,00	Bolsa=	24"x24"x22"	
				1,00	HEPA=	24"x24"x12"	
7	Filtros de aire-Sintético	SI	%:	20,00	Dimensión:	24"x24"x2"	3,00
8	Filtros de aire-Corrugado	Dp	%:	25,00	Dimensión:	24"x24"x2"	2,00
9	Filtros de aire-Bolsa	B	%:	95,00	Dimensión:	24"x24"x22"	2,00
10	Filtros de aire-Hepa	Hepa	%:	99,99	Dimensión:	24"x24"x12"	1,00
11	Filtros HEPA	FH-30	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-31	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
		FH-32	%:	99,99	Dimensión:	24"x12"x12"	1,00
12	Plancha FeG	FeG				Kg	128,00
13	Rejillas de extracción	RE-33	Dimensión:	16,00	x	12,00	1,00
		RE-34	Dimensión:	16,00	x	12,00	1,00
14	Rejillas de tránsito	RP	Dimensión:	14,00	x	8,00	2,00
15	Manómetros diferenciales	MD					2,00
16	Manómetros Magnehelic	MM					5,00
IV.- Zona N°4							
1	Inyector centrífugo	IC-04	Q=	11584,61	$\Delta P=$	1,65	1,00
2	Extractor centrífugo	EC-04	Q=	10564,96	$\Delta P=$	5,70	1,00
3	Caja portafiltro	CPF-10	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
4	Caja portafiltro	CPF-11	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
				1,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
				1,00	Bolsa=	24"x24"x22"	
5	Caja portafiltro	CPF-12	Aloja	1,00	Sintético=	24"x24"x2"	1,00
				1,00	Corrugado=	24"x24"x2"	
6	Filtros de aire-Sintético	SI	%:	20,00	Dimensión:	24"x24"x2"	3,00
7	Filtros de aire-Corrugado	Dp	%:	25,00	Dimensión:	24"x24"x2"	2,00
8	Filtros de aire-Bolsa	B	%:	95,00	Dimensión:	24"x24"x22"	1,00
9	Plancha FeG	FeG				Kg	170,00

Item	Equipo	Código/Tipo	Especificación técnica			Cantidad	
10	Difusores	DIF-11	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-12	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-13	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-14	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-15	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-16	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-17	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-18	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
		DIF-19	Dimensión:	15,00	x	15,00	1,00
11	Rejillas de extracción	RE-38	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-39	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-40	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-41	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-42	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-43	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-44	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
		RE-45	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00
	RE-46	Dimensión:	10,00	x	12,00	1,00	
12	Rejillas de tránsito	RP	Dimensión:	14,00	x	8,00	5,00
13	Manómetros diferenciales	MD				5,00	
14	Manómetros Magnehelic	MM				2,00	

Fuente: Propia

La información técnica del Cuadro N° 6.1 se utilizó para la elaboración del presupuesto.

6.2. Presupuesto del sistema de ventilación y filtración de aire para la sala limpia de Penicilinas

El Cuadro N° 6.2 muestra el presupuesto del sistema de ventilación y filtración de aire de las cuatro zonas.

Cuadro N° 6.2: Presupuesto del sistema de ventilación y filtración de aire de la sala
limpia de Penicilinas

Item	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD		%
				Unit	Total	
1.-	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA ZONA N°1, INCLUYE: - EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA, - SISTEMA DE FILTRACIÓN, - SISTEMA DE DUCTERÍA, - ELEMENTOS DE CONTROL, - INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	Lote	1,00	26 238,25	26 238,25	42,65
2.-	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA ZONA N°2, INCLUYE: - EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA, - SISTEMA DE FILTRACIÓN, - SISTEMA DE DUCTERÍA, - ELEMENTOS DE CONTROL, - INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	Lote	1,00	24 660,10	24 660,10	40,08
3.-	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA ZONA N°3, INCLUYE: - EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA, - SISTEMA DE FILTRACIÓN, - SISTEMA DE DUCTERÍA, - ELEMENTOS DE CONTROL, - INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	Lote	1,00	6 614,70	6 614,70	10,75
4.-	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA ZONA N°4, INCLUYE: - EQUIPOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA, - SISTEMA DE FILTRACIÓN, - SISTEMA DE DUCTERÍA, - ELEMENTOS DE CONTROL, - INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	Lote	1,00	4 007,25	4 007,25	6,51
5.-	TRANSPORTE DE PERSONAL Y OTROS, COMPRENDE: - Transporte de herramientas y equipos de trabajo hasta la obra. - Transporte de personal técnico por vía terrestre - Transporte de ingeniero supervisor por vía aérea (un viaje) - Alojamiento de todo el personal técnico - Viáticos de todo el personal técnico - Supervisión técnica.	Lote	1,00	Por cuenta del Cliente	Por cuenta del Cliente	

SUB. TOTAL USD. SIN I.G.V 61 520,30

Fuente: Propia

El Cuadro N° 6.3 muestra el detalle del presupuesto correspondiente a la cantidad de materiales y equipos de las cuatro zonas que constituye el sistema de ventilación y filtración de aire.

Cuadro N° 6.3: Presupuesto del sistema de ventilación y filtrado de aire de la Zona N° 1

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
1.- SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRADO DE AIRE PARA LA ZONA N°1					
1.1.-	SUMINISTRO DE INYECTOR DE AIRE - IC-01: - Tipo: Centrífugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 11 306 cfm, ΔP: 1.3 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380V / 3φ / 60 Hz	Unid.	1,00	1 543,75	1 543,75
1.2.-	INSTALACION ELECTROMECAÁNICA DE INYECTOR IC-01 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ducteria, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	960,00	960,00
1.3.-	SUMINISTRO DE EXTRACTOR DE AIRE - EC-01: - Tipo: Centrífugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 11 041 cfm, ΔP: 5.9 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380V / 3φ / 60 Hz	Unid.	1,00	2 425,00	2 425,00
1.4.-	INSTALACION ELECTROMECAÁNICA DE EXTRACTOR EC-01 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ducteria, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	960,00	960,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
1.5.-	SUMINISTRO DE COLECTOR DE POLVO - CP-01: - Tipo: Ciclón colector - Marca: HISPANIA (Fabricación Nacional) - Capacidad: 11 041 cfm - Eficiencia: 40% para tamaño de partículas superior a 50 micrones	Unid.	1,00	1 112,50	1 112,50
1.6.-	INSTALACION MECÁNICA DE COLECTOR DE POLVO CP-01 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Acople del equipo al sistema de tramo de ducteria, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples * Nota: - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	328,00	328,00
1.7.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-01 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de los filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	70,00	70,00
1.8.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-02 COMPRENDE:- Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, 04 filtros corrugados y 04 filtros bolsa, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros.- Marca: ACS (Fabricación nacional)- Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	230,00	230,00
1.9.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-03 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, 04 filtros corrugados, 04 filtros bolsa y 04 filtros de alta eficiencia Hepa; con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	280,00	280,00
1.10.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Sintético (SL), - Modelo: F312-2", - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 20%	Unid.	12,00	10,00	120,00
1.11.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Corrugado (DP), - Modelo: HE40-4402, - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 25%	Unid.	8,00	8,00	64,00
1.12.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Bolsa, - Modelo: SP9508 4422, - Dimensiones: 24"x24"x22", - Eficiencia: 95%	Unid.	8,00	50,00	400,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
1.13.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24024012, - Dimensiones: 24"x24"x12", - Eficiencia: 99.99%	Unid.	12,00	320,00	3 840,00
1.14.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA ALOJAR FILTRO HEPA 24024012 COMPRENDE: - Fabricación de Gabinete portafiltro para alojar 01 filtro Hepa de dimensión de 24"x24"x12", fabricado con plancha de acero inoxidable, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, con marco y contramarco exterior en acero inoxidable, desmontable con pernos tipo ciegos en su cara exterior para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de gabinete portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	12,00	310,00	3 720,00
1.15.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24012012, - Dimensiones: 24"x12"x12", - Eficiencia: 99.99%	Unid.	8,00	290,00	2 320,00
1.16.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA ALOJAR FILTRO HEPA 24012012 COMPRENDE: - Fabricación de Gabinete portafiltro para alojar 01 filtro Hepa de dimensión de 24"x12"x12", fabricado con plancha de acero inoxidable, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, con marco y contramarco exterior en acero inoxidable, desmontable con pernos tipo ciegos en su cara exterior para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de gabinete portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	8,00	290,00	2 320,00
1.17.-	DUCTOS DE FIERRO GALVANIZADOS Suministro e instalación de tramo de ducteria metálica fabricada con plancha de fierro galvanizado, dimensiones según la distribución de aire en planos, incluye codos, reducciones, cajas portarejillas, soportes metálicos y otros.	Kg	3,10	654,00	2 027,40
1.18.-	DIFUSORES PARA DESCARGA DE AIRE 15"x15" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 15"x15", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	4,00	56,25	225,00
1.19.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 14"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 14"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	7,00	42,00	294,00
1.20.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 15"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 15"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	4,00	45,00	180,00
1.21.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 17"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 17"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	6,00	51,00	306,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
1.22.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 18"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 18"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	1,00	54,00	54,00
1.23.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 28"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 28"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	1,00	84,00	84,00
1.24.-	REJILLAS DE TRÁNSITO ENTRE PUERTAS - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 14"x8", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	13,00	39,20	509,60
1.25.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL - Marca: Dwyer (USA) - Tipo: Mark II, columna inclinada - Modelo: 25 - Rango de 0 - 3°C.A	Unid.	13,00	50,00	650,00
1.26.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MARK II - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	13,00	10,00	130,00
1.27.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Marca: DWYER - Rango: 0 - 3°C.A - Serie: 2003 - Incluye instalación	Unid.	5,00	202,00	1 010,00
1.28.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Suministro e instalación de gabinete donde se alojará manómetro - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	5,00	15,00	75,00
SUB. TOTAL USD. SIN I.G.V					26 238,25
2.- SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRADO DE AIRE PARA LA ZONA N°2					
2.1.-	SUMINISTRO DE INYECTOR DE AIRE - IC-02: - Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 11 585 cfm, ΔP: 1.65 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380 V / 3φ / 60 Hz	Unid.	1,00	1 543,75	1 543,75

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
2.2.-	<p>INSTALACION ELECTROMECANICA DE INYECTOR IC-02COMPRENDE:- Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación- Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente)- Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples- Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación* Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente</p>	Lote	1,00	960,00	960,00
2.3.-	<p>SUMINISTRO DE EXTRACTOR DE AIRE - EC-02: - Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 10 565 cfm, ΔP: 5.7 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380 V / 3φ / 60 Hz</p>	Unid.	1,00	2 425,00	2 425,00
2.4.-	<p>INSTALACION ELECTROMECANICA DE EXTRACTOR EC-02 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente</p>	Lote	1,00	960,00	960,00
2.5.-	<p>SUMINISTRO DE COLECTOR DE POLVO - CP-02: - Tipo: Ciclón colector - Marca: HISPANIA (Fabricación Nacional) - Capacidad: 10 565 cfm - Eficiencia: 40% para tamaño de partículas superior a 50 micrones</p>	Unid.	1,00	1 112,50	1 112,50
2.6.-	<p>INSTALACION MECANICA DE COLECTOR DE POLVO CP-02 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples * Nota: - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente</p>	Lote	1,00	350,00	350,00
2.7.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-04 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de los filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.</p>	Unid.	1,00	70,00	70,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
2.8.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-05 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, 04 filtros corrugados y 04 filtros bolsa, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.</p>	Unid.	1,00	230,00	230,00
2.9.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-06 COMPRENDE:- Fabricación de Caja portafiltro para alojar 04 filtro sintético, 04 filtros corrugados, 04 filtros bolsa y 04 filtros de alta eficiencia Hepa; con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros.- Marca: ACS (Fabricación nacional),- Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.</p>	Unid.	1,00	280,00	280,00
2.10.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Sintético (SL), - Modelo: F312-2", - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 20%</p>	Unid.	12,00	10,00	120,00
2.11.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Corrugado (DP), - Modelo: HE40-4402, - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 25%</p>	Unid.	8,00	8,00	64,00
2.12.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Bolsa, - Modelo: SP9508 4422, - Dimensiones: 24"x24"x22", - Eficiencia: 95%</p>	Unid.	8,00	50,00	400,00
2.13.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24024012, - Dimensiones: 24"x24"x12", - Eficiencia: 99.99%</p>	Unid.	11,00	320,00	3 520,00
2.14.-	<p>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA ALOJAR FILTRO HEPA 24024012 COMPRENDE: - Fabricación de Gabinete portafiltro para alojar 01 filtro Hepa de dimensión de 24"x24"x12", fabricado con plancha de acero inoxidable, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, con marco y contramarco exterior en acero inoxidable, desmontable con pernos tipo ciegos en su cara exterior para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de gabinete portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.</p>	Unid.	11,00	310,00	3 410,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
2.15.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24012012, - Dimensiones: 24"x12"x12", - Eficiencia: 99.99%	Unid.	6,00	290,00	1 740,00
2.16.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA ALOJAR FILTRO HEPA 24012012 COMPRENDE: - Fabricación de Gabinete portafiltro para alojar 01 filtro Hepa de dimensión de 24"x12"x12", fabricado con plancha de acero inoxidable, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, con marco y contramarco exterior en acero inoxidable, desmontable con pernos tipo ciegos en su cara exterior para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de gabinete portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	6,00	290,00	1 740,00
2.17.-	DUCTOS DE FIERRO GALVANIZADO Suministro e instalación de tramo de ducteria metálica fabricada con plancha de fierro galvanizado, dimensiones según la distribución de aire en planos, incluye codos, reducciones, cajas portarejillas, soportes metálicos y otros.	Kg	3,10	648,00	2 008,80
2.18.-	DIFUSORES PARA DESCARGA DE AIRE 15"x15" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 15"x15", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	1,00	56,25	56,25
2.19.-	DIFUSORES PARA DESCARGA DE AIRE 16"x16" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 16"x16", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	5,00	64,00	320,00
2.20.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 15"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional),- Dimensión: 15"x12", incluye damper,- Fabricado en acero inoxidable	Unid.	4,00	45,00	180,00
2.21.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 16"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 16"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	3,00	48,00	144,00
2.22.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 17"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 17"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	5,00	51,00	255,00
2.23.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 18"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 18"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	1,00	54,00	54,00
2.24.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 27"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 27"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	3,00	81,00	243,00
2.25.-	REJILLAS DE TRÁNSITO ENTRE PUERTAS - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 14"x8", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	14,00	39,20	548,80

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
2.26.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL - Marca: Dwyer (USA) - Tipo: Mark II, columna inclinada - Modelo: 25 - Rango de 0 - 3°C.A	Unid.	14,00	50,00	700,00
2.27.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MARK II - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	14,00	10,00	140,00
2.28.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Marca: DWYER - Rango: 0 - 3°C.A - Serie: 2003 - Incluye instalación	Unid.	5,00	202,00	1 010,00
2.29.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Suministro e instalación de gabinete donde se alojará manómetro - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	5,00	15,00	75,00
SUB. TOTAL USD. SIN I.G.V					24 660,10
3.- SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRADO DE AIRE PARA LA ZONA N°3					
3.1.-	SUMINISTRO DE INYECTOR DE AIRE - IC-03: - Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 909 cfm, ΔP: 1.0 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380V / 3φ / 60 Hz	Unid.	1,00	512,50	512,50
3.2.-	INSTALACION ELECTROMECAÁNICA DE INYECTOR IC-03 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	220,00	220,00
3.3.-	SUMINISTRO DE EXTRACTOR DE AIRE - EC-03:- Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea- Marca: CEOZ (Fabricación Nacional)- Capacidad: 1 673 cfm, ΔP: 3.04 pulg. c.a.- Características eléctricas: 380V / 3φ / 60 Hz	Unid.	1,00	710,00	710,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
3.4.-	INSTALACION ELECTROMECAÁNICA DE EXTRACTOR EC-03 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	220,00	220,00
3.5.-	SUMINISTRO DE COLECTOR DE POLVO - CP-03: - Tipo: Gabinete serpentín - Marca: ACS (Fabricación Nacional) - Capacidad: 1 673 cfm	Unid.	1,00	380,00	380,00
3.7.-	INSTALACION MECÁNICA DE COLECTOR DE POLVO CP-03 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples * Nota: - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	170,00	170,00
3.8.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-07 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de los filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	30,00	30,00
3.9.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-08 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético, 01 filtros corrugados y 01 filtros bolsa, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perimetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	180,00	180,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
3.10.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-09 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético, 01 filtros corrugados, 01 filtros bolsa y 01 filtros de alta eficiencia Hepa; con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	210,00	210,00
3.11.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Sintético (SL), - Modelo: F312-2", - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 20%	Unid.	3,00	10,00	30,00
3.12.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Corrugado (DP), - Modelo: HE40-4402, - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 25%	Unid.	2,00	8,00	16,00
3.13.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator,- Tipo: Bolsa,- Modelo: SP9508 4422,- Dimensiones: 24"x24"x22",- Eficiencia: 95%	Unid.	2,00	50,00	100,00
3.14.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24024012, - Dimensiones: 24"x24"x12", - Eficiencia: 99.99%	Unid.	1,00	320,00	320,00
3.15.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Hepa, - Modelo: UCGLV99-24012012, - Dimensiones: 24"x12"x12", - Eficiencia: 99.99%	Unid.	3,00	290,00	870,00
3.16.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA ALOJAR FILTRO HEPA 24012012 COMPRENDE: - Fabricación de Gabinete portafiltro para alojar 01 filtro Hepa de dimensión de 24"x12"x12", fabricado con plancha de acero inoxidable, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, con marco y contramarco exterior en acero inoxidable, desmontable con pernos tipo ciegos en su cara exterior para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de gabinete portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	3,00	290,00	870,00
3.18.-	DUCTOS DE FIERRO GALVANIZADO Suministro e instalación de tramo de ductería metálica fabricada con plancha de fierro galvanizado, dimensiones según la distribución de aire en planos, incluye codos, reducciones, cajas portarejillas, soportes metálicos y otros.	Kg	3,10	128,00	396,80

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
3.19.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 16"x12" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 16"x12", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	2,00	48,00	96,00
3.20.-	REJILLAS DE TRÁNSITO ENTRE PUERTAS - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 14"x8", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	2,00	39,20	78,40
3.21.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL - Marca: Dwyer (USA) - Tipo: Mark II, columna inclinada - Modelo: 25 - Rango de 0 - 3"C.A	Unid.	2,00	50,00	100,00
3.22.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MARK II - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	2,00	10,00	20,00
3.23.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Marca: DWYER - Rango: 0 - 3"C.A - Serie: 2003 - Incluye instalación	Unid.	5,00	202,00	1 010,00
3.24.-	INSTALACIÓN DE MANOMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Suministro e instalación de gabinete donde se alojará manómetro - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	5,00	15,00	75,00
SUB. TOTAL USD. SIN I.G.V					6 614,70
4.- SISTEMA DE VENTILACIÓN Y FILTRADO DE AIRE PARA LA ZONA Nº4					
4.1.-	SUMINISTRO DE INYECTOR DE AIRE - IC-04: - Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 2 982 cfm, ΔP: 1.3 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380V / 1φ / 60 Hz	Unid.	1,00	607,50	607,50
4.2.-	INSTALACION ELECTROMECAÁNICA DE INYECTOR IC-04 COMPRENDE:- Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación- Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente)- Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples- Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación* Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	220,00	220,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
4.3.-	SUMINISTRO DE EXTRACTOR DE AIRE - EC-04: - Tipo: Centrifugo, simple entrada, transmisión por faja y polea - Marca: CEOZ (Fabricación Nacional) - Capacidad: 2 982 cfm, ΔP: 0.80 pulg. c.a. - Características eléctricas: 380V / 1φ / 60 Hz	Unid.	1,00	587,50	587,50
4.4.-	INSTALACION ELECTROMECHANICA DE EXTRACTOR EC-04 COMPRENDE: - Montaje e instalación de equipo en su lugar de operación - Conexión eléctrica de fuerza y control del equipo (suministrado por el cliente) - Suministro e instalación de tablero de arranque del equipo, comprende: Arrancador directo, contactor eléctrico, relee térmico, botoneras de arranque y parada - Acople del equipo al sistema de tramo de ductería, comprende hermetizado de juntas flexibles y acoples - Pruebas de funcionamiento, regulaciones finales y puesta en operación * Nota: - Los trabajos de suministro eléctrico de fuerza, control y protección electromagnética del equipo es de responsabilidad del cliente. - Los trabajos de cimentación del equipo es de responsabilidad del cliente	Lote	1,00	220,00	220,00
4.5.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-10 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de los filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	30,00	30,00
4.6.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-11 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético, 01 filtros corrugados y 01 filtros bolsa, con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional) - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	180,00	180,00
4.7.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA PORTAFILTRO CPF-12 COMPRENDE: - Fabricación de Caja portafiltro para alojar 01 filtro sintético y 01 filtros corrugados; con plancha de fierro galvanizado, reforzada con ángulo de fierro, totalmente hermetico en todo su perímetro, desmontable con pernos y tuercas tipo mariposa para facilitar cambio y/o renovación de cada filtros. - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Suministro e instalación de caja portafiltro en lugar de operación, conexión a sistema y hermetizado en su conexión.	Unid.	1,00	50,00	50,00
4.8.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Sintético (SL), - Modelo: F312-2", - Dimensiones: 24"x24"x2", - Eficiencia: 20%	Unid.	3,00	10,00	30,00

IT	DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Precio USD	
				Unit	Total
4.9.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator,- Tipo: Corrugado (DP),- Modelo: HE40-4402,- Dimensiones: 24"x24"x2",- Eficiencia: 25%	Unid.	2,00	8,00	16,00
4.10.-	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO DE AIRE - Marca: Purolator, - Tipo: Bolsa, - Modelo: SP9508 4422, - Dimensiones: 24"x24"x22", - Eficiencia: 95%	Unid.	1,00	50,00	50,00
4.11.-	DUCTOS DE FIERRO GALVANIZADO Suministro e instalación de tramo de ductería metálica fabricada con plancha de fierro galvanizado, dimensiones según la distribución de aire en planos, incluye codos, reducciones, cajas portarejillas, soportes metálicos y otros.	Kg	3,10	170,00	527,00
4.12.-	DIFUSORES PARA DESCARGA DE AIRE 15"x15" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 15"x15", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	9,00	56,25	506,25
4.13.-	REJILLAS PARA EXTRACCIÓN DE AIRE 12"x10" - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 12"x10", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	9,00	30,00	270,00
4.14.-	REJILLAS DE TRÁNSITO ENTRE PUERTAS - Marca: ACS (Fabricación nacional), - Dimensión: 14"x8", incluye damper, - Fabricado en acero inoxidable	Unid.	5,00	39,20	196,00
4.15.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL - Marca: Dwyer (USA) - Tipo: Mark II, columna inclinada - Modelo: 25 - Rango de 0 - 3°C.A	Unid.	5,00	50,00	250,00
4.16.-	INSTALACIÓN DE MANÓMETRO DIFERENCIAL MARK II - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	5,00	10,00	50,00
4.17.-	MANÓMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Marca: DWYER - Rango: 0 - 3°C.A - Serie: 2003 - Incluye instalación	Unid.	1,00	202,00	202,00
4.18.-	INSTALACIÓN DE MANÓMETRO DIFERENCIAL MAGNEHELIC - Instalación de manómetros en su lugar de operación - Suministro e instalación de gabinete donde se alojará manómetro - Instalación de mangueras de control de cada manómetro - Siliconeado de todo el perímetro del manómetro - Pruebas y regulaciones finales.	Unid.	1,00	15,00	15,00

SUB. TOTAL US\$. 4 007,25

Fuente: Propia

Los montos del presupuestos es correspondiente a Febrero del 2 006.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseño del sistema de ventilación y filtración de aire, está conforme a los fundamentos de las Buenas prácticas de Manufactura de la DIGEMID y la norma internacional FEDERAL STANDARD 209.
- El diseño del sistema de ventilación y filtración de aire y su presupuesto fue aceptado en su totalidad por la firma Naturgen para su ejecución.
- Dada la importancia del fármaco, que es para consumo humano, se recomienda realizar periódicamente de forma mensual una evaluación de los parámetros de temperatura, humedad relativa, diferenciales de presión y conteo de partículas para que se encuentren dentro del rango establecidos por la norma.
- Tomar en cuenta el análisis de riesgos efectuado, y realizar las acciones que recomiende el analista.
- Se recomienda atender las indicaciones dadas por los fabricantes de los equipos en lo referente a su mantenimiento para garantizar la producción del fármaco dentro de sus normas de calidad.
- Colaborar con la labor de inspección que realiza la DIGEMID semestralmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. “Handbook of air conditioning system design”
Carrier air conditioning CO, Edición 1 999.
2. “Validación industrial y su aplicación en la industria farmacéutica”
Glatt Laborotecnic SA, Edición 1 999.
3. “Actualización de equipos unitarios York”
York, Centro de capacitación América latina, Publicación 2 003.
4. “Acondicionamiento de aire, principios y sistemas”
Edward G. Pita, Edición 1 994.
5. “Guía para acondicionamiento, calefacción, ventilación y refrigeración. SI”
Ashrae Handbook, Edición 2 005.
6. “HVAC duct constructions satandards metals and flexible”
SMACNA, Edición 1 995.
7. “Acondicionamiento de medicamentos, funciones y tipo de envasado”
Revista Tecnología industrial, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla,
Publicación Mayo-Junio 2 000.
8. “Áreas para elaboración de medicamentos, cosméticos y alimentos”
Publicación internet, Dra. Luisa Rossi Devivo, Publicación Febrero 2 002
9. “Criterio de diseño para una sala limpia farmacéutica”
Revista Tecnología industrial, Dr. Emilio Moia, Universidad de Sevilla,
Publicación Marzo-Abril 2 000.

10. “El mercado de los productos farmacéuticos en el Perú”
Oficina económica y comercial de la embajada de España en Lima, Publicación 2 005.
11. “Fabricación de productos estériles”
Revista Tecnología industrial, Dr. J.P. Iturralde, Universidad de Sevilla, Publicación Febrero 1 999.
12. “Airborne particulate cleanliness classes in cleanrooms and clean zones”
Norma Federal Standard 209E, Publicación 1 992.
13. “Manual de buenas prácticas de manufactura de productos farmacéuticos”
DIGEMID, República del Perú, 1 999.
14. “Unidades manejadoras de aire”
Revista QASSURE, Número, Publicación Julio 2004.
15. Catálogo de filtros de aire
Marca PUROLATOR, Publicación 2 006.
16. Catálogo de ventiladores centrífugos
Marca CEOZ, Publicación 2 006.
17. Catálogo de rejillas y difusores
Marca ACS, Publicación 2 006.
18. Catálogo de colectores de polvo
Marca Hispania, Publicación 2 006.
19. Catálogo de manómetros diferenciales
Marca Dwyer, Publicación 2 006.
20. Condiciones ambientales de Lima y Arequipa en el año 2 005
Publicación en internet, Senamhi, 2 006

ANEXOS

Anexo N° 3.1: Carta de especificaciones técnicas dadas por Naturgen para el estudio del sistema de ventilación y filtrado de aire.



Lima, 10 de Enero, 2016

Señores:
ACS REFRIGERACIÓN SAC,

Ref.: Proyecto de ventilación, presurización y filtrado de aire en nuevas salas limpias de Penicilinas.

Estimado Señores:

Me es grato saludarles y dirigirme a Uds. para que me indiquen a la referencia nos realicen el estudio y presentación de propuesta económica del proyecto de Penicilinas en nuestra planta de Río Seco-Arequipa.

Las condiciones técnicas de las salas o parámetros a considerarse son:

- Temperatura interior = temperatura exterior.
- Humedad relativa interior = Humedad relativa exterior
- Clasificación de la sala = Clase 10,000
- Filtrado de Aire = Al interior mayor a 99%. Al exterior mayor a 99.9%
- Renovación = Mayor a 25

Para tal efecto se adjuntan los planos civiles o estaríamos a espera de su visita técnica en obra para el reconocimiento físico en campo.

Sin otro particular y agradeciendo su gentil atención, me retiro de Ud.

Atentamente,



Anexo N° 3.2: Carta de orden para inicio de trabajos para sistema de ventilación y filtrado de aire en Naturgen.



Lima, 25 de Febrero, 2006

Señores:
ACS REFRIGERACIÓN SAC.

Ref.: Inicio de trabajos en la obra de sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire en nuevas salas limpias de Penclinas.

Estimado Señores:

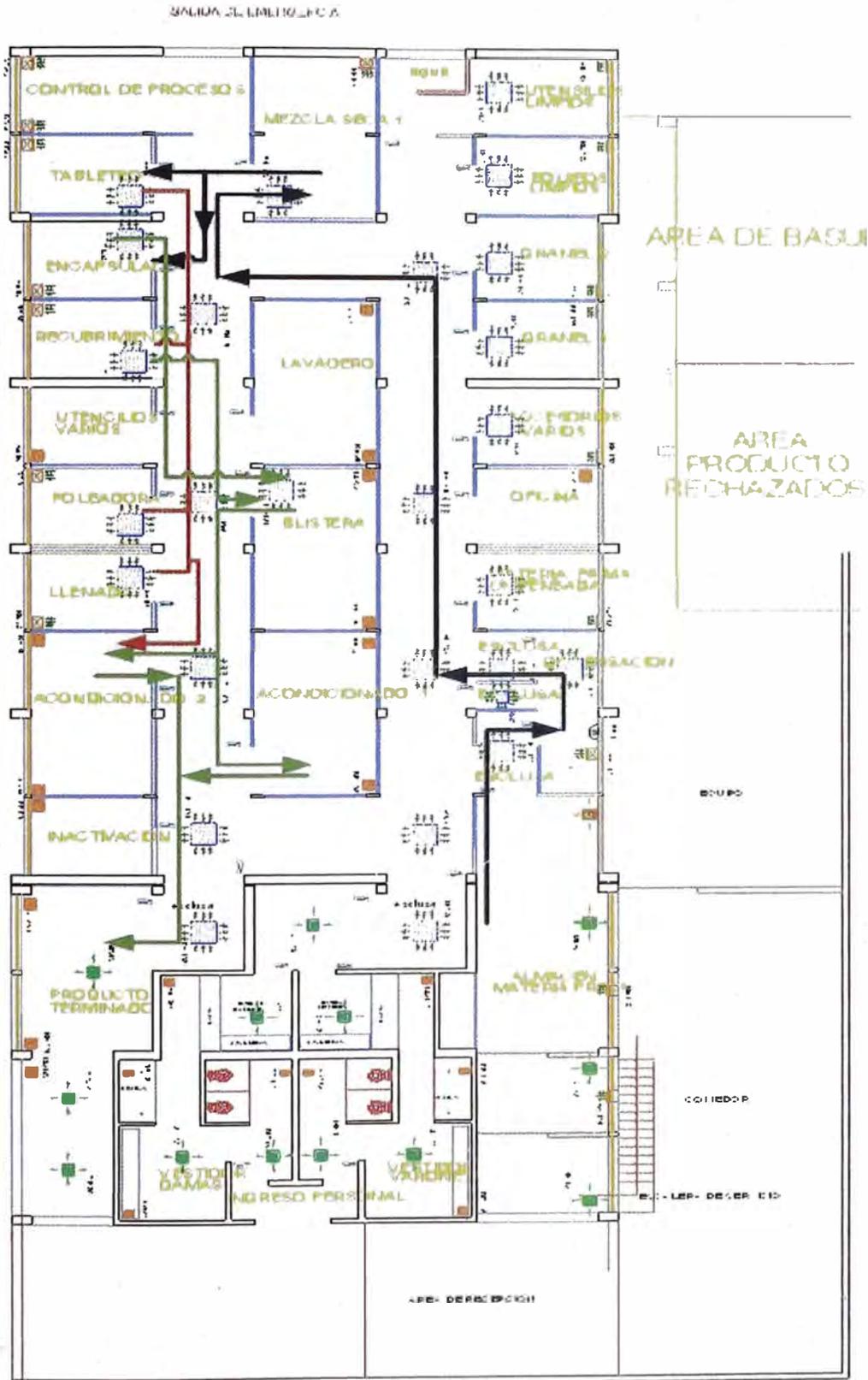
En referencia al presupuesto N° P-7020-06-A de la obra en mención y de acuerdo a la condiciones de pago ya establecida solicito se inicien los trabajos. La regularización formal de la orden de compra se estará realizando con el área contable en el más breve plazo.

Es importante respetar los plazos de finalización de obra ya acordados.

Sin otro particular y agradeciendo su gentil atención, me reitero de Ud

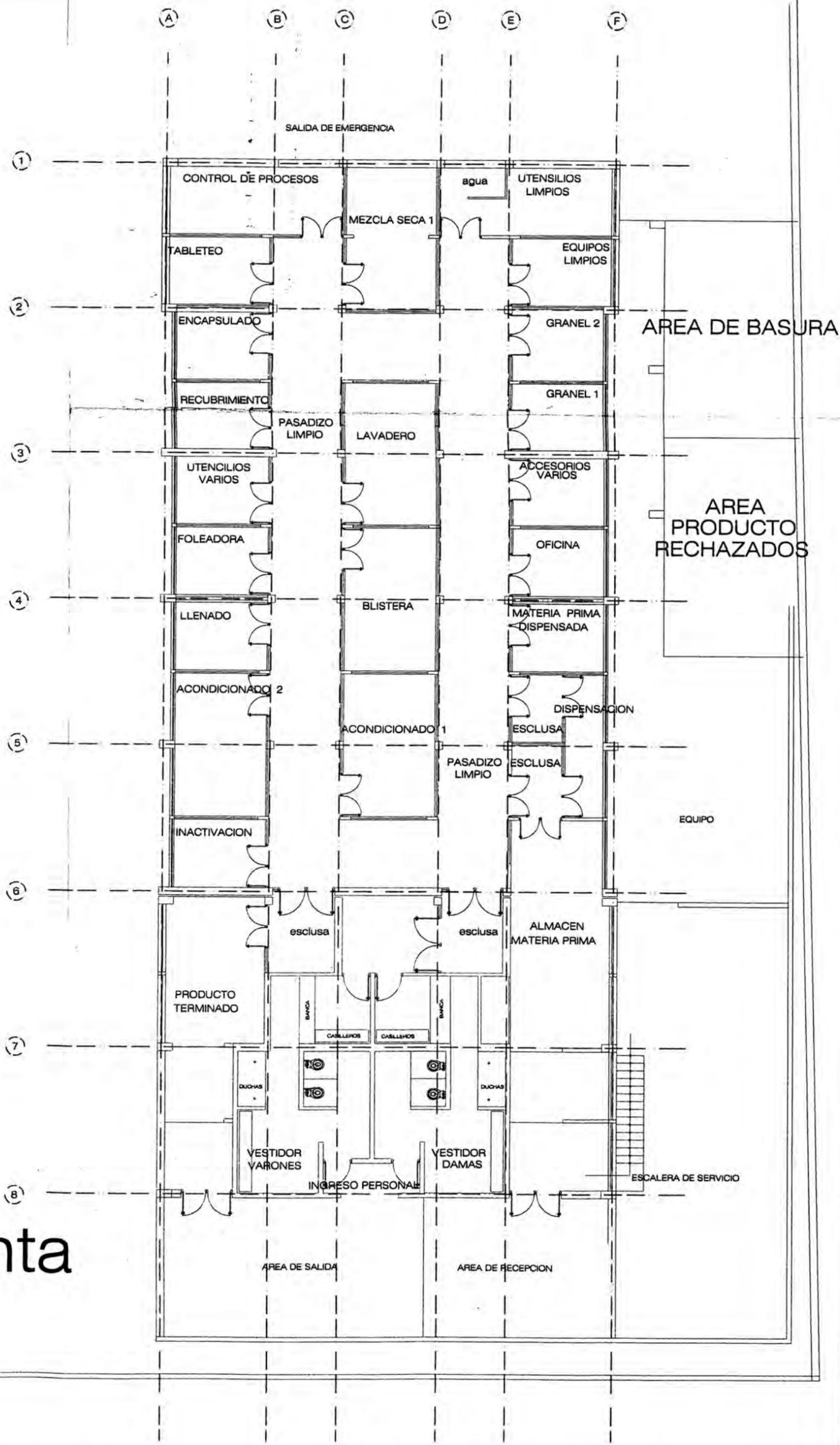
Atentamente,

Anexo N° 3.3: Sentido de flujo de personal y materiales en e proceso de producción de Penicilinas



Fuente: ACS REFRIGERACIÓN SAC

PLANOS

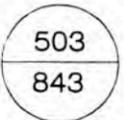
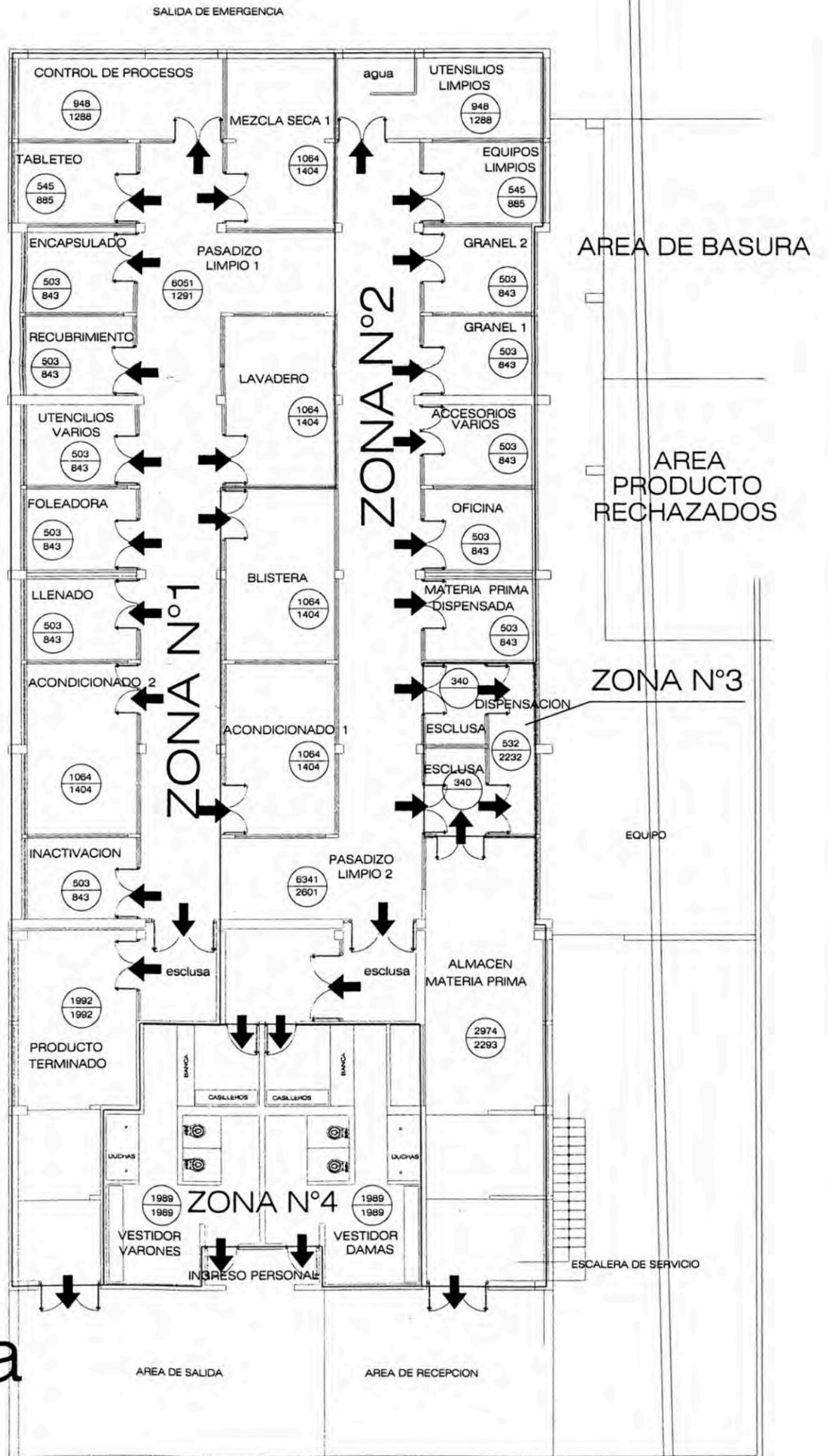


1era. planta

PENICILINICOS

		PROPIETARIO:		LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
		OBRA:		SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
PLANO:		AMBIENTES DE SALA LIMPIA			
DISEÑO: G.J.H. REVISIÓN: Ing. L.Y.T. APROBACIÓN: V.C.E.	FECHA: ENERO 2 008 ESC. DE: 1/100	Nº PLANO: IM-01 DE 05			

1era. planta



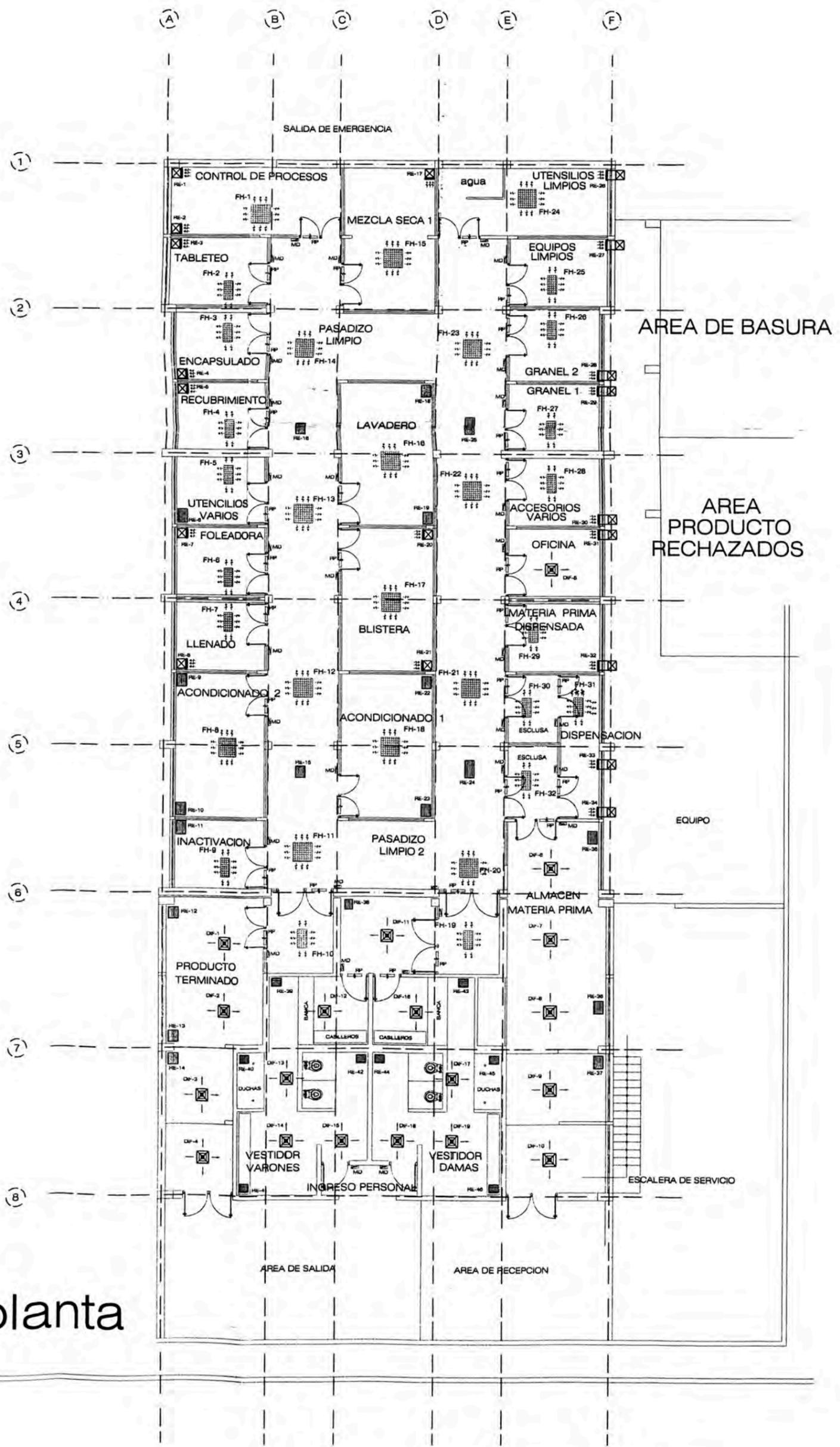
503
843

CUADAL DE AIRE DE INYECCION
CUADAL DE AIRE DE EXTRACCION

→ SENTIDO DE FLUJO DE AIRE EN LOS AMBIENTES

PENICILINICOS

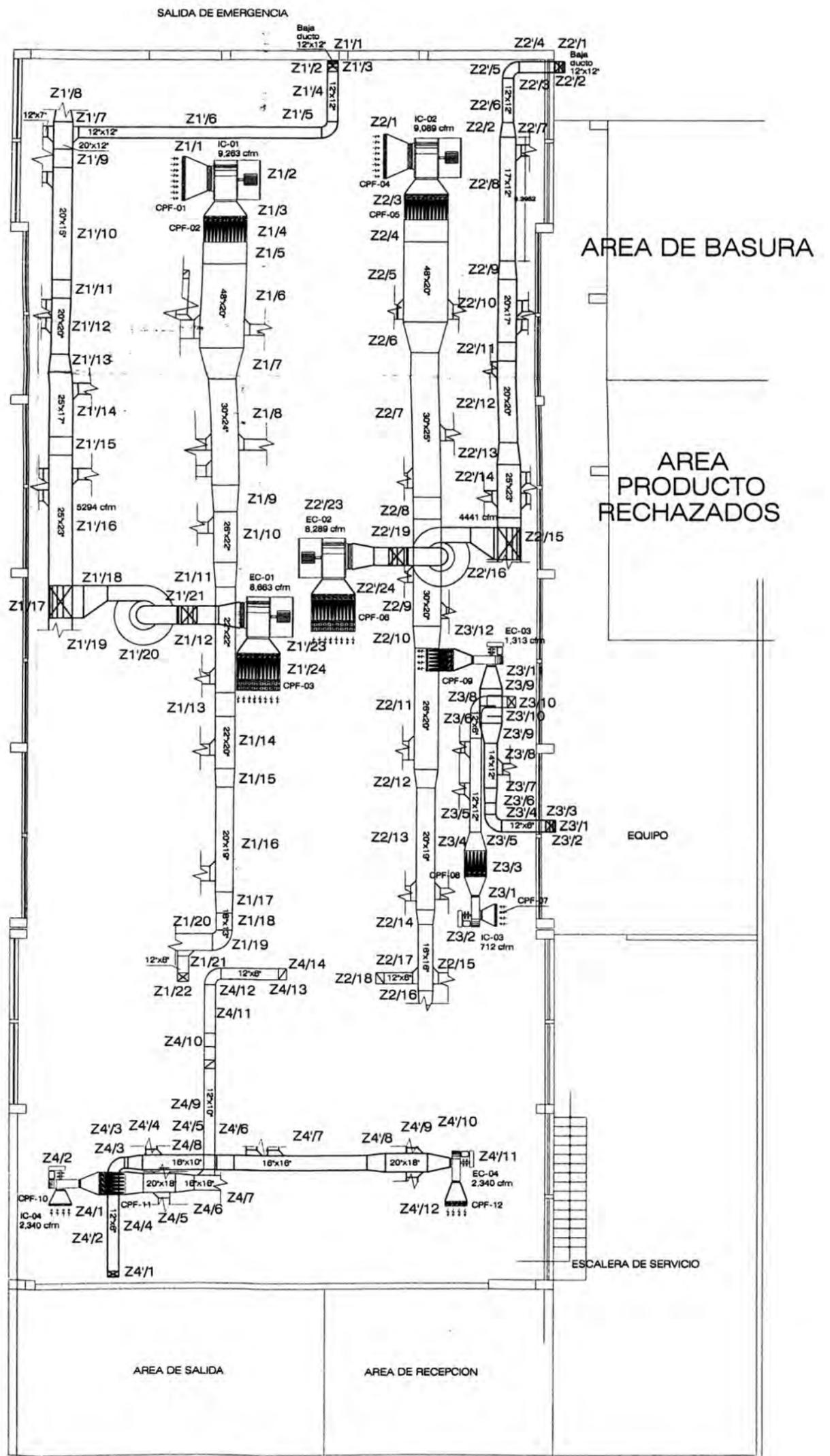
		PROPIETARIO: LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
		OBRA: SISTEMA DE VENTILACION, PRESURIZACION Y FILTRACION DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
PLANO: AGRUPACION DE ZONAS		FECHA: ENERO 2 006	N° PLANO: IM-02
DISEÑO: G.J.H.	REVISION: Ing° L.Y.T.	APROBACION: V.C.E.	ESC DB: 1/100
DE 05		DE 05	



1era. planta

PENICILINICOS

	PROPIETARIO:		LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
	OBRA:		SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
	PLANO:		SISTEMA DE VENTILACIÓN - 1RA. PLANTA	
DISEÑO	REVISIÓN	APROBACIÓN	FECHA	Nº PLANO
G. J. H.	Ing. L. Y. T.	V. C. E.	ENERO 2008	IM-03
			ESC. DB	DE 05
			1/100	

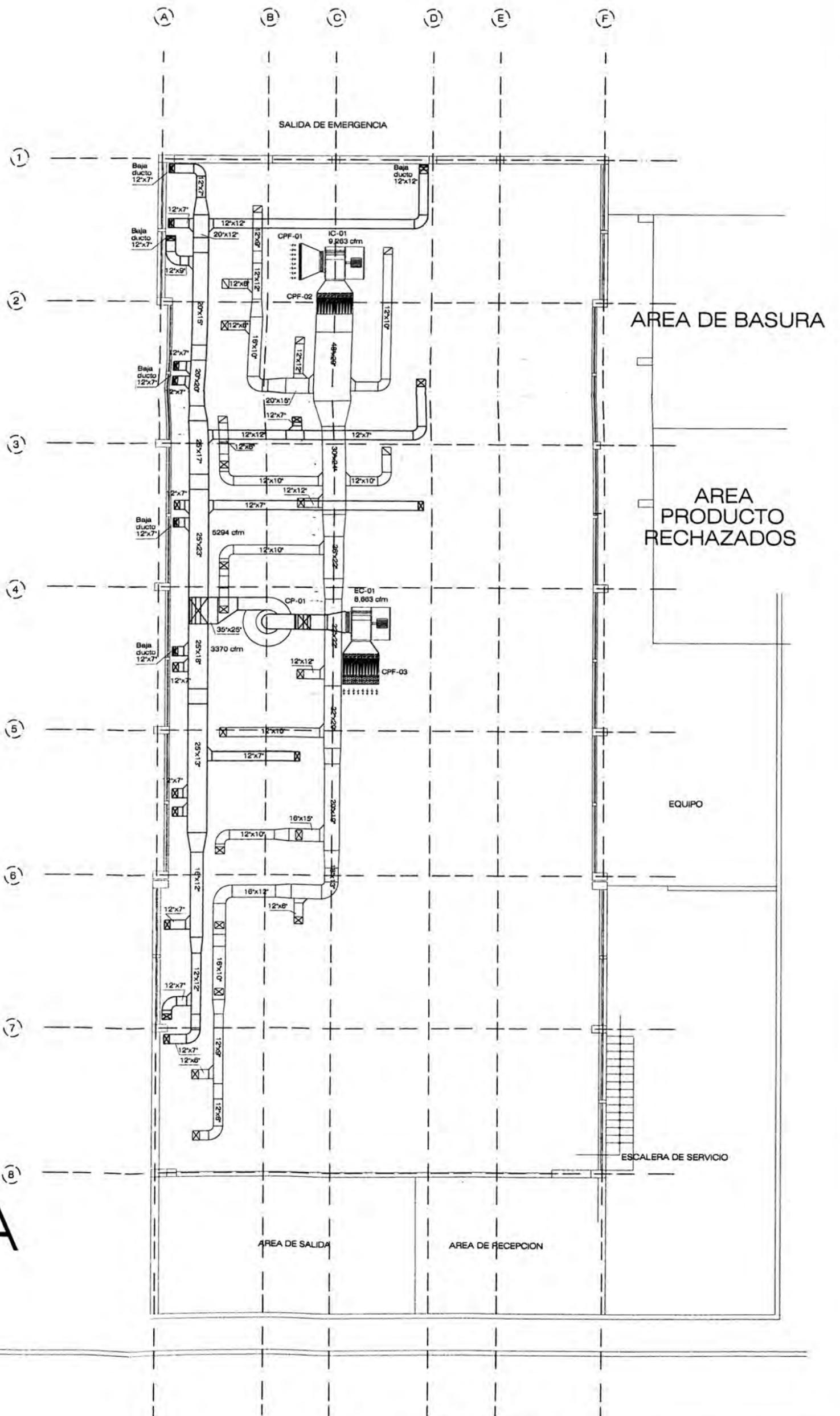


1era. planta

PENICILINICOS

		PROPIETARIO:		LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
		OBRA:		SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
DISEÑO		REVISIÓN		PLANO:	
G.J.H.		Ing. L.Y.T.		RECORRIDO DE DUCTOS - PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	
APROBACIÓN		FECHA		N° PLANO	
V.C.E.		ENERO 2008		IM-04	
		ESC. DB		DE 05	
		1/00			

AZOTEA

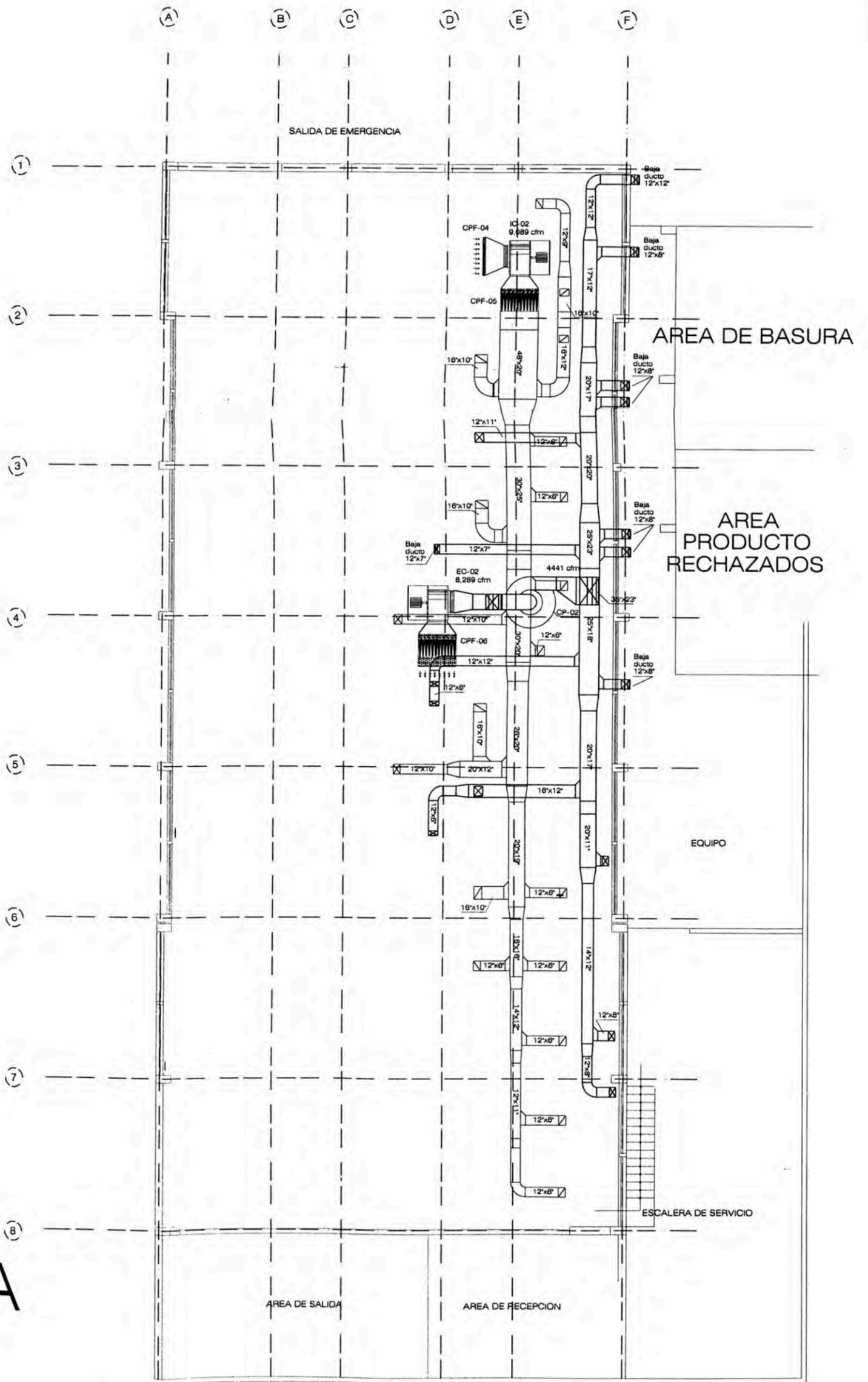


PENICILINICOS

		PROPIETARIO:		LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
		OBRA:		SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
PLANO:		SISTEMA DE VENTILACIÓN - AZOTEA - ZONA N°1			
DISEÑO	REVISIÓN	APROBACIÓN	FECHA	N° PLANO	
G.J.H.	Ing. L.Y.T.	V.C.E.	ENERO 2006	IM-05	
			ESC DB	DE 06	
			1/100		

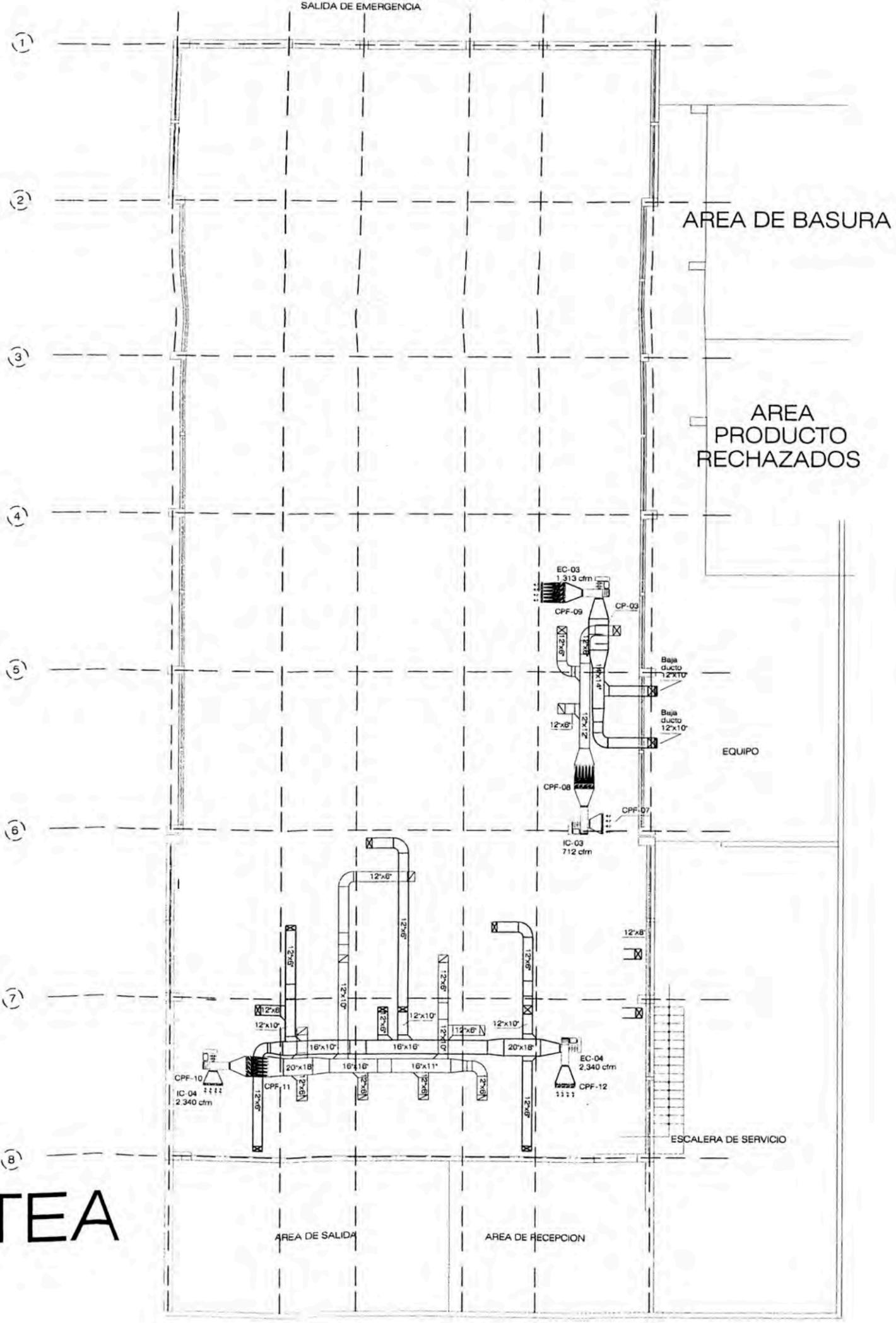
AZOTEA

PENICILINICOS



		PROPIETARIO		LABORATORIOS NATURGEN S.A.C	
		OBRA:		SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS	
PLANO:		SISTEMA DE VENTILACIÓN - AZOTEA - ZONA Nº2			
DISEÑO	REVISIÓN	APROBACIÓN	FECHA	Nº PLANO	
G.J.H.	Ing° L.Y.T.	V.C.E.	ENERO 2 006	IM-06	
			ESC DB	1/00	DE 05

(A) (B) (C) (D) (E) (F)



AZOTEA

PENICILINICOS


PROPIETARIO:
 LABORATORIOS NATURGEN S.A.C.

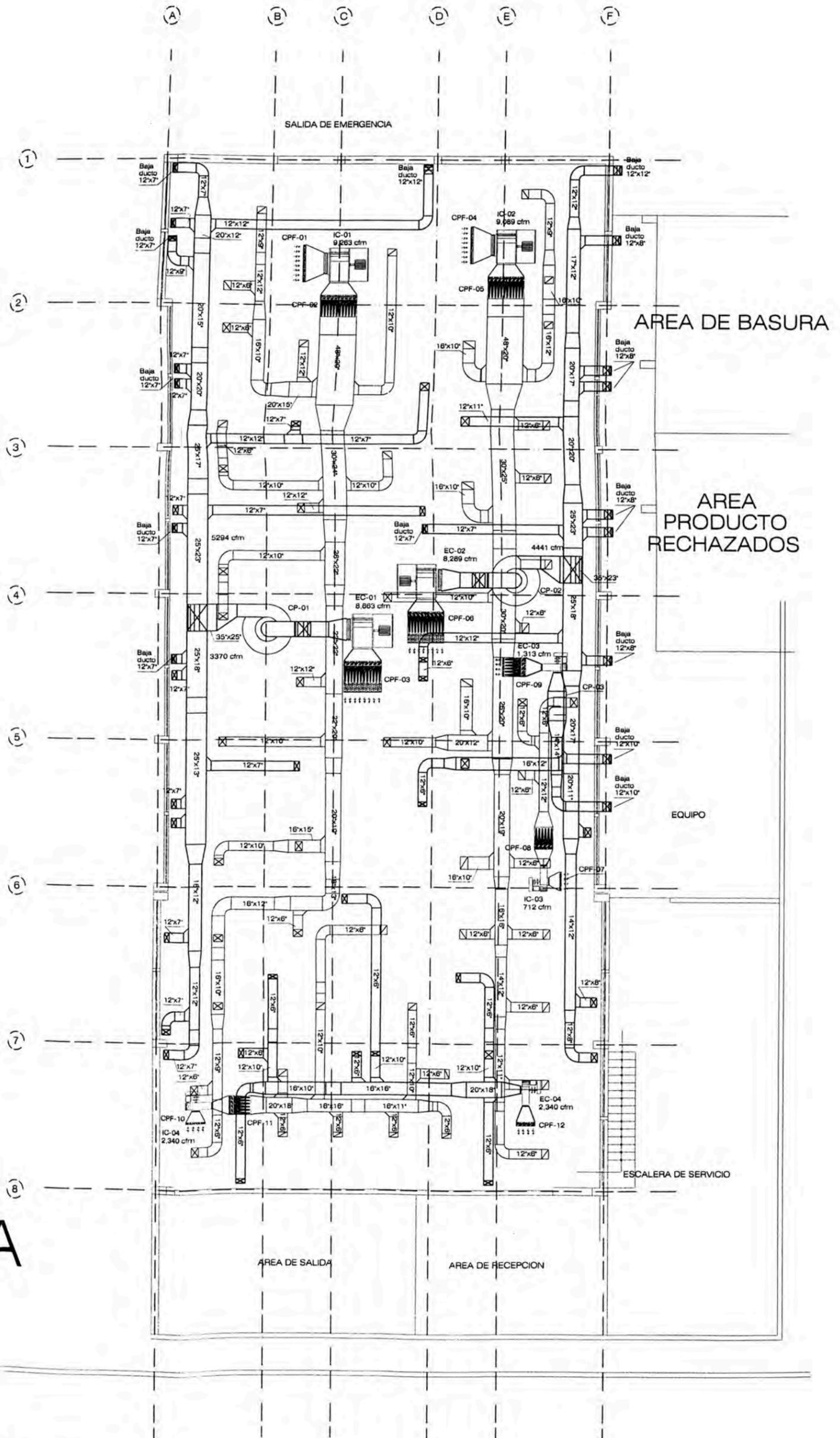
OBRA:
 SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS

PLANO:
 SISTEMA DE VENTILACIÓN - AZOTEA - ZONA Nº3, ZONA Nº4

DISEÑO	REVISIÓN	APROBACIÓN	FECHA	Nº PLANO
G.J.H.	ING. L.Y.T.	V.C.E.	ENERO 2006	IM-07
			ESC. DB	DE 05
			1/100	

AZOTEA

PENICILINICOS



PROPIETARIO:
LABORATORIOS NATURGEN S.A.C

OBRA:
SISTEMA DE VENTILACIÓN, PRESURIZACIÓN Y FILTRACIÓN DE AIRE PARA LA NUEVA SALA DE PENICILINAS

PLANO:
SISTEMA DE VENTILACIÓN - AZOTEA

DISEÑO	G.J.H.	REVISIÓN	Ing° L.Y.T.	APROBACIÓN	V.C.E.	FECHA	ENERO 2 006	N° PLANO	IM-08
						ESC DB	1/100	DE 05	

Anexo N° 3.1: Carta de especificaciones técnicas dadas por Naturgen para el estudio del sistema de ventilación y filtrado de aire.

Naturgen
S.A. SUCURSAL PUNO

Lima 10 de Enero, 2008

Señores:
ACS REFRIGERACIÓN S.A.C.

Ref: Proyecto de ventilación, acondicionamiento y filtrado de aire en nuevas salas LÍNEAS DE Pesticidas.

Estimado Señores:

Mé es grato saludarles y dirigirme a Ud. para que me informe a la referencia nos realice el estudio y presentación de propuesta económica del proyecto de Pesticidas en nuestra planta de Rio Seco-Arcuana.

Las condiciones técnicas de las salas a parametrarse considerarse son:

- Temperatura interior = temperatura exterior.
- Humedad relativa interior = Humedad relativa exterior.
- Clasificación de la sala = Clase 10.000
- Filtrado de Aire = Al interior mayor a 80%. Al exterior mayor a 99%.
- Ventilación = Mayor a 25.

Para tal efecto se adjuntan los planos civiles o estaríamos a esperar de su visita técnica en obra para el reconocimiento físico en campo.

Sin otro particular y agradeciendo su gentil atención, me reitero de Ud.

Atentamente



Fuente: ACS REFRIGERACIÓN S.A.C

Anexo N° 3.2: Carta de orden para inicio de trabajos para sistema de ventilación y filtrado de aire en Naturgen.

Naturgen

Lima, 25 de Febrero, 2006

Señores:
ACS REFRIGERACIÓN SAC.

Ref: Inicio de trabajos en la obra de sistema de ventilación, presurización y filtrado de aire en nuevas salas Impulsos de Penicilinas.

Estimado Señores,

En referencia al presupuesto N° P-7027-06-A de la obra en mención y de acuerdo a la condiciones de pago ya establecida solicito se inicien los trabajos. La regularización formal de la orden de compra se estará realizando con el área contable en el más breve plazo.

Es importante respetar los plazos de finalización de obra ya acordados.

Sin otro particular y agradeciendo su gentil atención, me refiero de Ud

Atentamente,



Anexo N° 3.3: Sentido de flujo de personal y materiales en e proceso de producción de Penicilinas

