ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño de un Sistema de Extracción Para Evacuación de Vapores de Ácido en un Área de Recarga de Baterías Para Montacargas Eléctricos."

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Francisco Javier Haro Rosado

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2014

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez, Director del Examen Complexivo por su invaluable ayuda.

.

DEDICATORIA

A DIOS

A MI MAMI NELLY

A DIANA Y ALEJANDRITO

A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TFG

Ing. Jorge Duque R.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Francisco Haro R.

RESUMEN

Dentro de una fábrica de alimentos de consumo masivo en Guayaquil, se realiza el transporte interno de materia prima, materiales de empaque y producto terminado, utilizando montacargas eléctricos. Los montacargas de GLP no se manejan al interior de la fábrica, ya que el gas de combustión proveniente de los tubos de escape pueden permanecer en el ambiente y contaminar tanto las materias primas como las superficies de los materiales de empaque que estarán en contacto con el producto fabricado.

El grupo de equipos de transporte disponibles deben asegurar la movilización interna durante las 24 horas del día y los 6 días de producción de la semana. En este sentido los equipos deben tener una cantidad mínima de baterías de reemplazo para el cambio rápido en el momento de la descarga.

A pesar de tener un lugar destinado para la carga de las baterías, dentro del área se puede identificar la presencia de vapores de ácido en el proceso de carga y el incremento de temperatura en ciertas horas del día, el problema

se acentúa en el momento de la carga de las baterías en serie, por requerir la disponibilidad de los equipos para la producción continua y también por la ausencia de un sistema de ventilación forzada que permita la adecuada renovación de aire fresco y mantener los niveles de concentración aceptable de los gases explosivos en el ambiente.

Esta condición de funcionamiento incrementa el riesgo de tener una atmósfera altamente explosiva, si se combina con la presencia de una fuente de ignición, puede provocar incidentes con daño a la propiedad o accidentes que terminen incluso con la muerte de algún trabajador del área.

Por ello, el objetivo de este Examen Complexivo, fue la evaluación del estado inicial de la ventilación natural del sitio, se hizo las mediciones de concentración de vapores de ácido, se estableció los métodos de selección o diseño para implementar el sistema de ventilación, se definió una distribución apropiada de la red de ductos dentro del área para que la extracción sea uniforme y se diseñó el sistema completo para asegurar que el proceso de carga se realice con la extracción simultánea apropiada y mantener los límites de explosividad controlados.

Se identificó aspectos relacionados a la calidad de ambiente para locales de carga de baterías, con base en estándares de referencia, se diagnosticó la situación inicial con la cual se opera en el sitio; posteriormente se hizo la selección del diseño adecuado en forma analítica y con un software de ventilación para la comprobación de los resultados; por último se determinó el coste de la inversión a realizar.

Documentos importantes como planos, catálogos de selección, listado de equipos y materiales, actividades a realizar, fueron recopilados en el Proyecto; tal información es un medio de referencia para diseñar sistemas de ventilación en aplicaciones con propósitos similares.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……..... II

ÍNDICE GENERAL……..... V

ABREVIATURAS……..... IX

SIMBOLOGÍA..... X

ÍNDICE DE FIGURAS……..... XII

ÍNDICE DE TABLAS……..... XIV

ÍNDICE DE PLANOS……..... XVI

INTRODUCCIÓN……..... 1

CAPÍTULO 1

1. ASPECTOS RELACIONADOS A CALIDAD DE AMBIENTE PARA INSTALACIONES DE RECARGA DE BATERÍAS……..... 3

1.1 Efectos de la liberación de hidrógeno al exterior……..... 3

1.2 Fuentes de combustión en un ambiente explosivo……..... 5

1.3 Equipos de monitoreo de gases explosivos……..... 10

1.4 Distribución de los equipos e instalaciones en locales con carga de baterías……..... 13

1.5 Medidas de protección en caso incendios……..... 16

1.6 Consideraciones de ventilación……..... 16

CAPÍTULO 2

2. SITUACIÓN PRESENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO……..... 22

2.1 Descripción del sitio……... 22

2.2 Equipos que funcionan en el lugar…….……..... 24

2.3 Mediciones de gases en el cuarto……..... 30

2.3.1 Monitoreo al interior del área..... 31

2.3.2 Monitoreo en los alrededores..... 31

2.4 Condiciones de ventilación……..... 32

2.5 Diagnóstico de la realidad actual……..... 35

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN Y SOPORTES DE DUCTOS……..... 41

3.1 Sistema de extracción de gases……..…..... 41

3.1.1 Equipo de extracción..... 43

3.1.1.1 Elección del equipo..... 43

3.1.1.2 Determinación del volumen de aire a extraer... 49

3.1.1.3 Punto de operación aparente..... 50

3.1.1.4 Accesorios del equipo..... 53

3.1.2 Ductos y rejillas de extracción..... 55

3.1.2.1 Material para construcción de los ductos..... 55

3.1.2.2 Esquema del sistema de ductos en el área..... 61

3.1.2.3 Cálculo de la caída de presión estática en el sistema..... 62

3.1.2.4 Obtención de la curva de ventilador y sistema. 78

3.1.2.5 Punto de operación real del equipo y ductos.... 83

3.1.2.6 Materiales para soporte de ductos..... 84

3.1.3 Rejillas y otras tomas de aire fresco..... 89

3.2 Equipos para monitoreo de ambiente……..... 91

3.3 Instrumentos de seguridad……..... 96

CAPÍTULO 4

4. COSTOS PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO……..... 104

4.1 Sistema de extracción……..……..... 104

4.2 Estructuras soporte de equipo y ductos……..... 105

4.3 Equipos para monitoreo de ambiente……..... 106

4.4 Instrumentos de seguridad……..... 106

CAPTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..... 110

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

L.I.E.	Límite inferior de explosividad
etc.	Etcétera
Art.	Artículo
V.L.A.-E.D.	Valor límite ambiental de exposición diaria
EPP	Equipo de Protección Personal
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NFPA	National Fire Protection Agency (Agencia Nacional de Protección del Fuego)
Fig.	Figura
A.M.C.A.	Air Movement and Control Association (Asociación de Movimiento y Control del Aire)
UL	Underwriters Laboratories (Estándares de seguridad para dispositivos y componentes eléctricos)
Pulg.	Pulgada
ASHRAE.	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros en Refrigeración, Calentamiento y Aire Acondicionado)
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (Asociación Nacional de Contratistas de Láminas de Metal y Aire Acondicionado)

SIMBOLOGÍA

A-h	Amperio – hora
V	Voltios, Velocidad, Volumen
g	Gramo
H	Hidrógeno
Kg	Kilogramo
cm	Centímetro
min	Minuto
mg/m^3	Miligramo por cada metro cúbico
ºC	Grado Centígrado (o Celsius)
L	Longitud
W	Peso
P	Presión
l	Litro
CFM	Cubic Feet per Minute (Pie cúbico por minuto)
m^3/s	Metros cúbicos por segundo
m^3/h	Metros cúbicos por hora
SP	Static Pressure (Presión Estática)
dBA	Decibelio A (Indicador de riesgo auditivo)
Pa	Pascal
KPa	Kilo Pascal
mm wg	Millimeters water gauge (Milímetros de agua)
in wg	Inch water gauge (Pulgadas de agua)
KWH	Kilo vatio hora
Lb	Libra
AC	Alternating Current (Corriente Alterna)
DC	Direct Current (Corriente Directa o Continua)
Ph	Phase (Fase)
Hz	Hertz
HP	Horse power (Caballo de Potencia)
RPM	Revoluciones por minuto
H_2	Hidrógeno molecular
m	Metro
Q	Caudal
Pt / p_t	Presión Total
K	Constante de proporcionalidad para relación entre velocidad y presión
PCM	Pie cúbico por minuto
cm^2	Centímetros Cuadrados
pH	Potencial de hidrógeno
ft^2	Square Feet (Pie Cuadrado)

°	Grado (medida de abertura)
m^2	Metro Cuadrado
%	Porcentaje, tanto por ciento
” / in	Pulgada
η	Factor de seguridad
r	Radio
C	Cantidad / Tipo de apertura de puerta corta fuego / Coeficiente de pérdida local en conexiones
ft^3/h	Pie cúbico por hora
Q_{H2}	Caudal de Hidrógeno desprendido
V_{H2}	Volumen de Hidrógeno permitido
T	Tiempo
Q_V	Caudal del Ventilador
Δp_f / L	Fricción perdida en términos de fricción total por unidad de longitud
F	Factor de fricción, adimensional
$D_{h/e}$	Diámetro hidráulico o equivalente
ρ	Densidad
ξ	Factor de rugosidad absoluta del material
Re	Número de Reynolds
ν	Viscosidad cinemática
Δp_j	Presión total perdida en conexiones
P_v / p_v	Presión de velocidad
Ton.m	Tonelada por metro
t	Espesor

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Se debe evitar las chispas de equipos eléctricos de soldar en los locales de carga de baterías……..... 7
Figura 1.2 Los locales de carga de baterías deben contar con un sistema de ventilación eficiente y seguro…… 18
Figura 2.1 Caterpillar NPV60……..... 25
Figura 2.2 Yale MPE060……... 25
Figura 2.3 Yale NRDR30……... 26
Figura 2.4 Caterpillar NDR030……... 26
Figura 2.5 Yale ERCO50……... 27
Figura 2.6 Ingreso principal del local……... 33
Figura 2.7 Cubierta del área. El traslape del techo permite la salida de aire..... 34
Figura 2.8 Derrame de ácido sulfúrico por la caída lateral de la batería... 36
Figura 2.9 Conectores de baterías en mal estado por impacto / choque.. 37
Figura 2.10 Bases soporte de baterías y cargadores son pallets de madera..... 38
Figura 2.11 Ejemplo de un acto sub estándar al no desmontar la batería, se observa cómo se conecta directamente del vehículo al cargador……... 40
Figura 3.1 Comparación entre el manejo de volúmenes de aire y caída de presión estática según el tipo de ventilador: centrífugo, axial, o una combinación de ambos…… 45
Figura 3.2 Ejemplo de ventilador centrífugo tipo utility…… 47
Figura 3.3 Ejemplo de ventilador centrífugo tipo in line……..... 48
Figura 3.4 Selección del equipo de acuerdo al caudal y caída aproximada de presión estática……..... 51
Figura 3.5 La intersección de la curva de operación del equipo y la curva resistencia asumida del sistema determinan el punto de operación aparente del equipo……... 52
Figura 3.6 Compuerta para colocación en la descarga del ducto puede ser gravitatoria o motorizada……..... 53
Figura 3.7 Aislador colgante con neopreno……..... 54
Figura 3.8 Juntas transversales y refuerzos para ducto rectangular…..... 60
Figura 3.9 Distribución de los ductos de los sistemas de ventilación en el cuarto de baterías…… 61
Figura 3.10 Selección del equipo de acuerdo al caudal y caída real de presión estática……... 80
Figura 3.11 Curvas de operación del equipo posibles de acuerdo al caudal y resistencia……..... 81

Figura 3.12 Curva de resistencia del sistema con ventiladores del mismo tipo y diferentes motores..... 82
Figura 3.13 Punto de operación real del sistema..... 83
Figura 3.14 Esquema de soporte para ductos metálicos..... 85
Figura 3.15 Louver de acero galvanizado..... 91
Figura 3.16 Detector de hidrógeno..... 92
Figura 3.17 Hidrómetro..... 93
Figura 3.18 Termómetro..... 94
Figura 3.19 Sistema de riego de agua..... 94
Figura 3.20 Limpiador de batería..... 95
Figura 3.21 Kit para derrames en caso de precipitación de ácido..... 95
Figura 3.22 Respirador reutilizable de pieza facial de cara completa 3m serie 6000..... 97
Figura 3.23 Traje Dupont para protección contra salpicaduras..... 99
Figura 3.24 Guantes de PVC para protección de manos..... 99
Figura 3.25 Ducha y fuente lava ojos..... 101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos existentes en fábrica y bodega..... 24
Tabla 2. Calibres (gauge) recomendados de láminas de metal para ductos rectangulares o redondos..... 58
Tabla 3. Pesos por unidad de área de acuerdo al calibre de láminas metálicas..... 58
Tabla 4. Requerimientos estándar para sellado de ductos. para presiones menores a 500 Pa..... 60
Tabla 5. Valores obtenidos de caudal, velocidad y medidas de los tramos de ducto del sistema..... 64
Tabla 6. Factores de rugosidad del material dependiendo de las características y uso en un conducto..... 68
Tabla 7. Pérdida de presión total en función del diámetro equivalente y velocidad, asumido para una densidad del aire de 1,20 kg/m^3 y un factor de rugosidad de 0,09 mm.....69
Tabla 8. Tabla de valores de pérdida de presión total por cada tramo de ducto..... 70
Tabla 9. Valores de coeficiente de pérdida local en una transición rectangular..... 72
Tabla 10. Cálculo de pérdida de presión en función de la velocidad y el coeficiente de pérdida local para una transición rectangular..... 72
Tabla 11. Valores de coeficiente de pérdida local en una bifurcación con coeficientes de pérdida principal c_s y secundario c_b..... 73
Tabla 12. Cálculo de pérdida de presión en función de la velocidad y el coeficiente de pérdida local para una bifurcación principal y secundaria..... 73
Tabla 13. Valores de coeficiente de pérdida local en un codo, conocidos su ángulo y la relación h/w..... 74
Tabla 14. Cálculo de pérdida de presión en función de la velocidad y el coeficiente de pérdida local para un codo..... 74
Tabla 15. Valores de pérdida de presión para rejillas de extracción. la medida comercial de 6” x 6” con 400 pies/min de extracción indican una pérdida de presión de 0,022 in wg..... 75
Tabla 16. Valores de pérdida de presión para rejillas de extracción..... 75
Tabla 17. Resumen de valores de pérdida de presión total debido a ductos, accesorios y rejillas para el sistema..... 76
Tabla 18. Resumen de valores de carga total de ductos..... 86
Tabla 19. Tamaños mínimos para colgadores de ductos..... 87
Tabla 20. Tamaños admisibles para barras trapezoidales..... 88

Tabla 21. Calibres recomendados para louvers o rejillas de toma de aire fresco según el material……..... 90
Tabla 22. Valores de gravedad específica para determinar el grado de carga o descarga de las baterías……..... 93
Tabla 23. Aplicaciones comunes y medios de exposición para selección de filtro apropiado……..... 97
Tabla 24. Cuadro de valores por sistema de extracción…..... 104
Tabla 25. Cuadro de valores para estructuras soporte de equipo de extracción y ductos……..... 105
Tabla 26. Cuadro de valores para instrumentos de mantenimiento……... 106
Tabla 27. Cuadro de valores por equipos y accesorios de seguridad. 108
Tabla 28. Cuadro de valores de inversión del proyecto total..... 108

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Sistema de ventilación para área de recarga de baterías

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito el “Diseño de un sistema de ventilación para evacuación de vapores de ácido en un área de recarga de baterías para montacargas eléctricos”, con el objetivo de satisfacer la renovación de aire fresco necesaria para evitar concentraciones de hidrógeno en niveles peligrosos, que junto a la presencia de una fuente de ignición, podría tener como consecuencia una explosión, además una posterior afectación a las instalaciones y personal que labora dentro del lugar y los alrededores. En el capítulo 1 se especifican aspectos relacionados a calidad de ambiente para instalaciones de recarga de baterías

En el capítulo 2, se define la situación actual del lugar, se detallan los sistemas, equipos y condiciones de trabajo. Aquellos aspectos que se encontraron con deficiencias, serán expuestos dando una explicación de por qué se incluyeron en este grupo.

En el capítulo 3, se realizará el diseño del sistema de ventilación y soportes de ductos (mediante modelos matemáticos, software de ventilación para comprobación de los resultados, cálculos, planos, especificaciones técnicas, empleo de normas de seguridad, etc.)

En el capítulo 4, se estimarán los costos del proyecto, que proporciona el monto de inversión a considerar, para obtener un sistema de ventilación seguro dentro del área de carga de baterías. Así la renovación de aire fresco estará siempre garantizada.

Al final, en el capítulo 5 se mostrarán las conclusiones y recomendaciones del sistema diseñado.

CAPÍTULO 1

1. ASPECTOS RELACIONADOS A CALIDAD DE AMBIENTE PARA INSTALACIONES DE RECARGA DE BATERÍAS.

1.1 Efectos de la liberación de hidrógeno al exterior.

El hidrógeno es un gas extremadamente inflamable, si se halla en proporciones dentro de su zona de explosividad o inflamabilidad en un medio con poca o ninguna renovación de aire, hay una altísima probabilidad que pueda explotar si se expone ante una fuente de combustión.

En una batería de acumuladores de plomo – ácido sulfúrico, la liberación del gas ocurre en el fenómeno de electrólisis del agua,

al completar el periodo final de carga y con mayor caudal si la batería es sometida a una carga en exceso. Es necesario impedir una concentración que logre el límite inferior de explosividad (L.I.E.) del hidrógeno, que es 4% en volumen en aire. También es recomendable comprobar que la carga se realice en forma satisfactoria y estabilizar la cantidad de amperaje que proporciona el cargador.

La liberación de gases se da aún después de terminar la carga, motivo por el cual se recomienda no ponerla en marcha inmediatamente, sino esperar por lo menos una hora, para facilitar el escape de los gases. Es muy ventajoso retirar los tapones y asegurar que la ventilación (natural o forzada) esté garantizada para no tener una atmósfera rica en gas explosivo y evitar principalmente que hayan focos de ignición cercanos a la zona de carga.

Existen dos áreas donde podría eventualmente producirse una explosión: la primera en la zona cercana a los tapones de la batería, si la presencia de hidrógeno es la suficiente junto a una fuente de combustión, la segunda es la zona dentro de la batería, donde la concentración está dentro del rango de explosividad (4 a

79%). La rotura de la caja provocará la proyección de pequeñas o grandes cantidades de ácido sobre el operario dependiendo de la magnitud de la explosión.

Esta área donde se concentra peligrosamente el gas explosivo (área por encima de los tapones) es una región de volumen finito, en la cual la probabilidad de ignición de esta mezcla es alta. Las dimensiones de esta área son proporcionales a la cantidad de gases generados en el periodo de carga o sobrecarga si hubiere.

Se define como volumen finito ya que la principal asunción es la existencia de un sistema de ventilación en el sitio que asegure la evacuación a través de los respectivos cambios – hora y la entrada de aire nuevo cada cierto tiempo. Si no se cumple esta premisa, las cantidades de hidrógeno presentes en el medio ambiente crecerían de forma súbita con el alto riesgo de una eventual explosión.

1.2 Fuentes de combustión en un ambiente explosivo.

Existen muchos medios a través de los cuales es posible encender un ambiente rico en hidrógeno y producir una explosión. Hay diversos medios como:

- Encendedores o fósforos que se utilizan para observar el nivel de electrolito cuando se añade el agua destilada en los receptáculos de la batería. Existen medios alternativos para no hacer esta operación insegura como el uso de linternas apropiadas o dispositivos de depósito de agua destilada con volumen fijo que aseguren el no derramar líquido del recipiente.

- Realizar trabajos en caliente dentro del área de carga de batería o en sectores aledaños, puesto que las llamas de los sopletes, el uso de discos de corte, arcos eléctricos de equipos de soldadura, etc. en áreas cercanas, aumentarán el riesgo de explosión. Todos estos trabajos deberán ser ejecutados con la evaluación de riesgos del trabajo a realizar y firmar el permiso de trabajo en caliente respectivo con la validación de las autoridades responsables en el sitio.

Figura 1.1 Se debe evitar las chispas de equipos eléctricos de soldar en los locales de carga de baterías.

FUENTE:
http://soldaduratecnologica.blogspot.com/2012_07_01_archive.html

- Manipulación de herramientas u objetos metálicos que luego entran en contacto con los terminales de la batería, este contacto eventualmente podría hacer un corto circuito y la consecuente generación de chispas. Este efecto se puede minimizar cubriendo las terminales de la batería con capuchones de material aislante y herramientas de ajuste con las mismas características.

- Cuando la corriente de la batería fluye por el circuito que alimenta varios dispositivos (tales como radio, luces, etc.) podrían generarse chispas en el momento de retirar la batería

o al montarla. Todos los aparatos que funcionan con electricidad en el vehículo deben estar desconectados de la fuente principal, ya que cualquier consumo de corriente, por mínimo que sea, podría generar chispa y tener como resultado una explosión.

- Está totalmente prohibido consumir cigarrillos en un área de producción o de mantenimiento, a más de ser una regla básica establecida por el área de seguridad industrial de cualquier fábrica, las regulaciones internas deben considerar la existencia de lugares exclusivos para tal efecto y que no ponga en riesgo las operaciones de fábrica ni la salud de otros colaboradores que no desearán percibir esos desagradables humos.

- Cuando se realiza la conexión o desconexión de la batería con su cargador, habrá riesgo de generación de chispas. Para minimizar esto, el cargador deberá estar apagado y proceder a la conexión con la batería, de hecho los cargadores modernos cuentan con dispositivos de encendido/apagado. En caso de no disponer de interruptores, el cargador deberá estar desconectado de la fuente de corriente alterna antes de la conexión/desconexión del sistema batería-cargador. Teniendo

en cuenta las polaridades para evitar hacer conexiones fallidas que puedan causar daños a la batería. Algunos cargadores vienen con conectores especiales que no permiten que suceda este problema.

- Otro punto de generación, no tanto en la zona de carga, sino en el vehículo se da cuando se pretende realizar el desmontaje de la batería, al retirar primero el cable del polo positivo de la batería mientras el polo negativo está en conexión. Si la llave utilizada para hacer el desmontaje hace contacto con la carrocería del vehículo podría generar chispas. ¿Cómo evitarlo? Se deberá desmontar primero el cable del polo negativo que está conectado y luego el positivo. Si se desea montar la batería en el vehículo primero se deberá instalar el cable que no está expuesto a masa (en este caso el cable positivo) y luego la conexión del cable negativo. Para operar dentro de un motor y especialmente con dispositivos eléctricos como una batería, no utilizar anillos, relojes o pulseras y además utilizar guantes aislantes.

1.3 Equipos de monitoreo de gases explosivos.

Los medidores de gases son instrumentos que miden la concentración de fluidos gaseosos y vapores combustibles. Proporcionan resultados que indican presencia y concentración de un gas o vapor explosivo, pero no distingue entre tipos de compuestos en una mezcla, si la hubiere. Los medidores tienen un filtro que retiene mezclas del ambiente como neblinas o polvos. Si estos compuestos ingresaran se podrían contaminar los dispositivos internos y dejaría de funcionar efectivamente.

Poseen un alojamiento interno donde hay un filamento que se consume si entra en contacto con un gas explosivo. El filamento que entra en combustión, está protegido con un agente catalítico (paladio o platino). El filamento es un componente de una red de resistencias que se conoce como Circuito del Puente de Wheatstone. En un lado del puente, el aire que ingresa recorre el filamento caliente. Si el aire está mezclado con algún gas o vapor explosivo, al calentarse, el filamento combustiona y desprende calor extra, el cual incrementa la resistencia eléctrica del filamento.

En el otro lado, existe un filamento similar que está protegido y se calienta con el mismo principio, con la diferencia que no necesita

corriente eléctrica. El filamento protegido inutiliza cambios en la corriente y resistencia por las variaciones de temperatura ambiente. La variación de la resistencia de la corriente eléctrica de los filamentos cuando atraviesa el fluido en la cámara, se debe a la presencia de gases combustibles. Estos cambios en la corriente eléctrica se registran como porcentajes del LEL (Límite inferior de explosividad) en el panel del instrumento.

La sensibilidad y precisión de los medidores de gases están afectadas por varias razones. Por ejemplo, el polvo, humedad temperaturas elevadas. Por tanto, la sonda de muestreo de los equipos cuenta con un filtro para retener polvo y un dispositivo para eliminar humedad. El uso en ambientes fríos y calientes al extremo no se recomienda, porque la temperatura fuera de un rango permisible interfiere en la respuesta del instrumento.

Al utilizar los medidores en un ambiente explosivo, es imprescindible comprobar que estos no sean por sí mismos una fuente potencial de ignición. Esto se denomina “seguridad intrínseca” del equipo. Es decir, el equipo fue probado y certificado en un laboratorio y no causará incendio o explosión en una atmósfera inflamable.

La certificación de UL o FM en atmósferas explosivas es requerida, tales certificados definen con exactitud las atmósferas (grupos de químicos y sustancias) para las cuales el uso del dispositivo ha sido aprobado. Para conocer si el equipo es seguro por sí mismo, debe tener las certificaciones mencionadas anteriormente.

Los fabricantes de estos equipos recomiendan su calibración mínimo cada 30 días. Además una medición preliminar antes del uso: si el instrumento no arroja una lectura confiable, se deberá hacer la calibración completa.

Los gases de calibración que más se usan para monitoreo son el metano, propano, pentano y hexano. Si se desea escoger el gas de calibración más adecuado, en caso de ser un fluido diferente a estos, se debe tomar en cuenta la “respuesta relativa” del instrumento. Por ejemplo, si el instrumento ha sido calibrado a metano, las mediciones de metano serán precisas, pero si el instrumento que se calibró a metano, se usa para medir vapores de gasolina, la lectura será errónea. La medida correcta en estos casos vendrá especificada por un factor de corrección que deberá

multiplicarse a la lectura detectada, este factor será proporcionado por el fabricante.

1.4 Distribución de los equipos e instalaciones en locales con carga de baterías.

Dentro de las operaciones normales dentro de un cuarto de carga de baterías, lo primero es retirar la batería del vehículo donde se encuentra. Pueden haber dos métodos para hacerlo, el primero con el uso de un puente grúa y un sistema de izaje y transporte que puede ser manual, eléctrico o neumático; el segundo utilizando carretillas manuales para transferencia. El área de maniobra debe ser la adecuada para el paso de las carretillas o del dispositivo de elevación.

Los criterios de ergonomía son importantes, ya que se requiere el menor impacto durante la interacción del operador con el sistema de elevación para no producir lesiones incapacitantes o enfermedades ocupacionales con el paso del tiempo.

No podemos dejar de mencionar ¿qué sucedería en caso de un eventual derramamiento de ácido de la batería en el piso? estos

residuos deben ser gestionados de manera segura, para lo cual, en el piso del cuarto deberá estar instalado un desagüe exclusivo para esta área, luego un registro o sumidero previsto para la operación de neutralización de la disolución ácida.

Los tableros de fuerza y control de los cargadores, deberán estar fuera del área de carga con un espaciamiento de por lo menos 10 cm de la pared, para evitar acumulación de polvo y facilitar las labores de limpieza y mantenimiento, además estarán protegidos contra la intemperie, en un sitio bien iluminado y ventilado para evitar sobrecalentamiento de cables y acometidas.

Cada montacargas viene equipado con una batería propia, una de repuesto y un cargador para el proceso respectivo de carga, mientras la otra está trabajando. Los cables de los cargadores deben tener un tendido ordenado, bien peinados, correctamente identificado y con una ubicación fija para cada batería, el objetivo es que los cables de carga no queden colgados y no se crucen con cables de cargadores contiguos. Es muy común ver cables y terminales en el piso, donde por descuido de los operadores al trasladar los carritos porta baterías, los golpean y los terminan dañando. Para evitar esto es necesario planificar el correcto

tendido de los cables y no incurrir en gastos innecesarios por reposición de repuestos de cargadores.

En cuanto al suministro de agua destilada, primero debe establecerse un espacio para el contenedor de líquido. Existen diversos tipos de contenedores de agua destilada o desmineralizada. Las necesidades del tipo de contenedor dependerán de las características del área y la cantidad de baterías a utilizar. Los contenedores móviles con tuberías flexibles y sistema de dosificación son los más recomendados para estas aplicaciones, así será más fácil llenar los vasos o las celdas de las baterías.

El mantenimiento / limpieza de las baterías debe realizarse de acuerdo a un cronograma; los periodos dependerán de las condiciones de trabajo. El lugar de limpieza estará ubicado en un sitio contiguo al cuarto de carga pero separado de los cargadores, las otras baterías y los vehículos estacionados. Este sitio de lavado será único y exclusivo para esa operación, teniendo en cuenta que la distribución la instalación, debe ajustarse al sentido común.

1.5 Medidas de protección en caso incendios.

Un local destinado a carga de baterías, perteneciente a un establecimiento industrial debe cumplir el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios expedido el 2 de Abril de 2009, según acuerdo Ministerial 01257.

Los criterios de diseño, las actividades de planificación y ejecución, puesta en marcha, pruebas, monitoreo y mantenimiento de los sistemas contra incendios, los compuestos, materiales y equipamientos, deberán regirse de acuerdo a lo establecido en el reglamento anteriormente citado y que se incluye como anexo al final de este trabajo.

1.6 Consideraciones de ventilación.

La renovación de aire en un recinto de carga de baterías, debe tener la suficiente capacidad de renovar con aire nuevo el ambiente y retirar la mayor cantidad de aire contaminado y con temperatura elevada debido a la transferencia de calor de baterías y cargadores al ambiente interior, sobre todo por el hecho que la concentración de hidrógeno está en aumento y se desea que siempre esté situada por debajo del límite inferior de explosividad,

a más de ello es necesario controlar los niveles de vapores de ácido sulfúrico para que también estén por debajo del valor límite ambiental de exposición diaria (V.L.A.-E.D.) establecido (1 mg/m^3).

La mejor manera de evitar o reducir el riesgo es planificar la ubicación de estos sitios en zonas abiertas donde haya la suficiente fluidez de aire externo. El instalar cuartos de carga de baterías en lugares cerrados, con poca renovación de aire natural o incluso en subterráneos es considerado impráctico. La instalación de los sistemas de ventilación forzada, se ejecutarán de tal manera que no se generen afectaciones o molestias a medios circundantes o personal que labore en los alrededores, como por ejemplo la generación de ruido o las descargas de los gases del cuarto. Las medidas preventivas adecuadas deberán ser implementadas para no liberar a otros lugares (como áreas de producción) humos densos, polvos o gases con olores poco agradables, incluso tóxicos y obviamente explosivos.

Figura 1.2 Los locales de carga de baterías deben contar con un sistema de ventilación eficiente y seguro.
FUENTE:
http://www.capssystems.co.uk/battery_handling/Ventilation.html

Los equipos del sistema deberán ser a prueba de explosión, ubicados en sitios donde permitan su fácil acceso para mantenimiento y limpieza y siempre asegurar que estos mantengan la temperatura del ambiente por debajo de 50°C. Esta es otra de las recomendaciones de los fabricantes, mantener niveles bajos de temperatura para obtener un mejor nivel de servicio y una vida útil normal de las baterías. No se deben realizar operaciones de carga o descarga por encima de ese valor.

Debido a que, el hidrógeno es un gas más ligero que el aire, el sistema de ductos y rejillas de extracción, deberán estar ubicados por encima de los cargadores, a una altura cercana a la cubierta para la correcta extracción.

Al instalar un sistema de ventilación que extrae los gases explosivos, se generará una presión negativa dentro del cuarto, por ello es necesario el montaje de rejillas para la renovación del aire. Estos accesorios se recomiendan instalar en la parte baja, cerca al piso. También hay opciones de puertas con barajas que permiten el ingreso del aire a pesar de estar cerradas.

La consideración más importante en cuanto al cálculo del volumen de extracción de un cuarto de carga de baterías, es el nivel de seguridad del sistema. Varios autores señalan que un coeficiente de seguridad de 5 proporcionará el nivel de ventilación mínimo necesario para extraer el aire contaminado. En todo caso se espera con esto que la concentración de hidrógeno dentro del cuarto no exceda el 20% del límite inferior de explosividad (4% * 0,2 = 0,8%), valores cercanos al 1% son igualmente aceptables. El monitoreo de este parámetro se determina con un instrumento de medición adecuado (explosímetro), hay variantes de medición

(puntual o continua) con medios de aviso acústico u óptico. El volumen de extracción necesario se determinará con estos parámetros: el volumen de hidrógeno desprendido por unidad de tiempo, el número de baterías, el volumen del local y el factor de seguridad establecido.

Tomando en consideración el escape de pequeñas proporciones de aerosoles y vapores ácidos dentro del local de carga, que si bien es cierto, no llegan a niveles de toxicidad elevado, pero conlleva otros problemas en equipos, tales como corrosión de elementos metálicos, se deberá proceder, especialmente para reducir probables liberaciones de vapores de ácido sulfúrico (en caso de derrames), aumentando el factor de seguridad a 10, todo dependerá de qué tan restrictivos queremos ser en las lecturas de concentraciones en el ambiente y percepción de malos olores al interior. Si las mediciones efectuadas aún con la instalación de estos sistemas con factores de seguridad siguen siendo elevadas y exceden el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (V.L.A.-E.D.), se tomarán en cuenta medidas adicionales que logren disminuir estos efectos, como extracciones puntuales con ductos acampanados en las cercanías de los orificios de ventilación de las baterías para que la evacuación sea inmediata.

Las mermas de electrolito generadas por las burbujas en el ciclo final de carga de una batería, causan una pérdida de la capacidad de carga de la batería. Por ello es importante revisar los niveles de electrolito y proceder con la respectiva recarga de agua destilada o desmineralizada.

CAPÍTULO 2

2. SITUACIÓN PRESENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO.

2.1 Descripción del sitio.

El local destinado para la carga de baterías pertenece a una Fábrica de Alimentos en la Ciudad de Guayaquil.

En las bodegas de la Fábrica se almacenan variedad de artículos, entre los que se puede citar:

- Materias Primas: Harina, azúcar, grasa, lecitina de soya, bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, esencias, vitaminas, chocolate en polvo, etc.

- Materiales de empaque: Rollos de material de empaque (mono capa, laminado) cartón corrugado, cintas, etc.

- Productos terminados: galletas, wafers, jugos en polvo, recubiertos de chocolate, etc.

Mediante un sistema de liberación, el producto está listo para ser despachado de las bodegas de materias primas hasta los procesos productivos de la planta y desde las aduanas (una vez que salen del proceso de empaque) hasta cada estantería de la bodega del Centro de Distribución; posterior a ello, al respectivo transporte y luego el traslado a los diversos puntos de venta en el país.

El proceso de transferencia en el Centro de Distribución desde las estanterías hasta los respectivos camiones se los realiza con montacargas de tipo carretilla paletizadora (para productos a nivel del piso u operación manual de carga, acá llamado picking); para la ubicación en las estanterías a niveles más altos se utilizan

montacargas del tipo doble reach. En el proceso de fabricación se utilizan carretillas paletizadoras para transporte de sacos y montacargas de una extensión para otro tipo de materias primas, bobinas de empaque y producto terminado.

2.2 Equipos que funcionan en el lugar.

Las carretillas paletizadoras y los montacargas simples y doble reach funcionan con baterías eléctricas de 24V y 36V respectivamente. Se tiene un total de 10 carretillas paletizadoras, 13 montacargas doble reach y 5 de extensión normal:

TABLA 1. EQUIPOS EXISTENTES EN FÁBRICA Y BODEGA

EQUIPOS	MARCA	MODELO
CARRETILLA PALETIZADORA # 1 - # 5	CATERPILLAR	NPV60
CARRETILLA PALETIZADORA # 6 - # 10	YALE	MPE060
MONTACARGA DOBLE REACH # 1 - # 3	YALE	NDR030
MONTACARGA DOBLE REACH # 4 - # 13	CATERPILLAR	NRDR 30
MONTACARGA EXTENSIÓN NORMAL # 1 - # 5	YALE	ERC50

Los equipos también se muestran a continuación:

Figura 2.1 Caterpillar NPV60
FUENTE:
http://www.sigmapackaging.com/equipment/detail/7413#photos

Figura 2.2 Yale MPE060
FUENTE: **http://www.vossequipment.com/equipment.108/2012-yale-mpe060lfn24t2748.aspx**

Figura 2.3 Yale NRDR30
FUENTE: **http://www.ebay.com/bhp/reach-forklift**

Figura 2.4 Caterpillar NDR030
FUENTE: **http://cat-forklifts.com/listing/cat-nrdr30-1997/**

Figura 2.5 Yale ERC50
FUENTE: **http://yale-forklift.net/listing/yale-erc50-2004/**

Las baterías, luego de su uso continuo en los montacargas, deben ser sometidas a un proceso de renovación de carga una vez comprobada la disminución de su capacidad más allá del 80% del total. Las operaciones de carga de las baterías, se llevan a cabo en un local aparte, construido para almacenar las baterías de respaldo, con sus respectivas unidades de carga y otros elementos necesarios para su funcionamiento.

.

Además de los equipos que forman parte de la operación de movimiento de cargas, existen otros accesorios que son necesarios para asegurar las condiciones del proceso.

Baterías.

La denominación de la batería, determina sus características y el tipo adecuado se utiliza de acuerdo a la aplicación.

Baterías de 24V

Cantidad: 20.

Celdas en cada batería: 12 (2V por celda).

Número de placas por celda: 13.

Tipo de placas: Tubular, sección cuadrada.

Dimensiones: 0,92m x 0,30m x 0,47m (36,00” x 11,66” x 18,56”)

Tipo de Celda: E75L (Denominación del Fabricante)

Capacidad de corriente: 450 A-h

Potencia: 10.42 KWH

Peso Aproximado: 3.573 N (365 Kgf).

Baterías de 36V

Cantidad: 36.

Celdas en cada batería: 18 (2V por celda).

Número de placas por celda: 15.

Tipo de placas: Tubular, sección cuadrada.

Dimensiones: 0,98m x 0,46m x 0,79m (38,53” x 17,94” x 31,06”).

Tipo de Celda: E125D (Denominación del Fabricante)

Capacidad de corriente: 875 A-h

Potencia: 30.40 KWH

Peso Aproximado: 10.560 N (1.077,56 Kgf).

Cargadores.

De igual forma, la selección de un correcto cargador, depende de la información que tengamos de la batería.

- Su voltaje.
- El tipo de fase (monofásica o trifásica).
- La capacidad de la batería en A-h.

Se indican las cantidades y datos técnicos de los cargadores que se utilizan:

Cargadores de 24V

Cantidad: 10.

Voltaje de entrada (AC): 208 V / 240 V / 480 V

Amperaje de entrada (AC): 13 A / 11 A / 6 A.

Potencia: 1.92 KWH

Máximo amperaje entregado: 475 A–h.

Voltaje de salida (DC): 24 V.

Amperaje de salida (DC): 74 A.

Alimentación eléctrica: 208-240-480V / 3 Ph / 60 Hz.

Peso: 1.044,44 N (106,57 Kgf).

Denominación: ES3-12-550B

Dimensiones: 0,69m x 0,66m x 0,61m (27” x 26” x 24”)

Cargadores de 36V

Cantidad: 18.

Voltaje de entrada (AC): 208 V / 240 V / 480 V

Amperaje de entrada (AC): 33 A / 28 A / 14 A.

Potencia: 5.04 KWH

Máximo amperaje entregado: 880 A–h.

Voltaje de salida (DC): 36 V.

Amperaje de salida (DC): 74 A.

Alimentación eléctrica: 208-240-480V / 3 Ph / 60 Hz.

Peso: 1.368,9 N (139,68 Kgf).

Denominación: ES3-18-950B

Dimensiones: 0,69m x 0,66m x 0,61m (27” x 26” x 24”)

2.3 Mediciones de gases en el cuarto.

Se realizan lecturas con un tercero para determinar la concentración del Hidrógeno que es desprendido a lo largo de los periodos de carga de las baterías, el monitoreo de los niveles de H_2 permite

establecer bajo qué condiciones hay un mayor riesgo que el fluido llegue al límite inferior de explosividad y así el ambiente esté propenso a una ocurrencia de incendio.

2.3.1 Mediciones al interior del área.

Las mediciones de gas indican los siguientes valores:

Posición 1: Ubicación del explosímetro en el centro del cuarto → De 8% a 15% de concentración de H_2.

Posición 2: Ubicación del explosímetro cerca de las celdas de carga de las baterías→ De 20% a 30% de concentración de H_2.

Cabe recalcar que estas mediciones fueron realizadas en el momento de encontrarse todas las baterías cargándose simultáneamente.

2.3.2 Monitoreo en los alrededores.

También se han tomado datos para verificar la presencia de gas hidrógeno en los alrededores, con las siguientes mediciones:

Posición 1: Ubicación del explosímetro a 1 m de la puerta de entrada al cuarto → De 1% a 2% de concentración de H_2.

Posición 2: Ubicación del explosímetro en el exterior, cerca de la toma posterior de aire fresco→ 1% a 2% de concentración de H_2.

Las lecturas del medidor se realizaron en el exterior donde hay una amplia zona de tránsito de vehículos y una continua renovación que permite diluir el fluido por efectos del movimiento constante de masas de aire.

2.4 Condiciones de ventilación.

El local de carga de baterías tiene un ingreso principal en su parte frontal, las medidas son 2.50 m de largo x 2.50 m de alto. Una puerta de barajas metálica se encuentra instalada en el frente, sus medidas son las mismas del marco de la puerta. Se muestra el ingreso y detalle de la puerta en la figura siguiente:

Figura 2.6 Ingreso principal del local.

La puerta de ingreso tiene salida directa al exterior, a una vereda lateral frente a la fábrica, en caso de requerirse evacuar por cualquier eventualidad a través de pasos peatonales claramente identificados.

Es la única entrada posible al cuarto y en sus paredes laterales hay contacto con otras áreas como una bodega de elementos de limpieza y un área de calentamiento y bombeo de agua.

El cuarto posee las siguientes dimensiones:

Largo: 17.00 m.

Ancho: 6.00 m.

Alto: 5.00 m.

Figura 2.7 Cubierta del área. El traslape del techo permite la salida de aire.

El área de baterías, como se observa, no posee un sistema de ventilación forzado que permita la evacuación de los fluidos generados en el proceso de carga.

2.5 Diagnóstico de la realidad actual.

No existe sistema de extracción dentro del cuarto de carga, por ello no se evacua ni las cantidades de Hidrógeno producido en el interior del local ni el aire a alta temperatura producto del calentamiento de los cargadores y las baterías, de ahí las elevadas lecturas con el medidor de concentración de H_2 y los valores de temperatura ambiente en interior.

Además se identificó condiciones adicionales que no se ajustan a lo que establece un correcto diseño para este tipo de instalaciones:

La señalización no se considera la adecuada, ya que en el interior no se ha colocado los avisos que prohíban: utilizar herramientas metálicas cerca de las baterías, el manejo de teléfonos celulares o radios y el introducir los montacargas al interior del local. También faltan avisos sobre utilizar los equipos de protección personal para el desmontaje, traslado y carga de agua destilada. Falta señalización luminiscente o luces de emergencia para guiar al personal, los avisos de la entrada no son reflectivos y no pueden ser observados a distancia por los operadores de los montacargas.

A la fecha se registraron varios incidentes producto de la mala manipulación de las baterías, que sufrieron caídas y golpes por utilizar los carritos de forma inadecuada, esto ha provocado el derrame del ácido al piso y la rotura de las placas en las celdas interiores, con el correspondiente gasto por reparación.

Figura 2.8 Derrame de ácido sulfúrico por la caída lateral de la batería.

En los bordes de cada celda se aprecian restos de ácido sulfúrico en estado sólido, esto se da porque las personas encargadas del llenado de las celdas de carga no llegan al límite establecido para cada espacio interior, por lo general se lo hace hasta el tope máximo con el correspondiente rebose y precipitación. El desborde de la solución hace que con el tiempo se seque y el sólido se acumule en los bordes de la batería.

Los conectores de los cargadores son ubicados en el piso y al momento de trasladar las baterías chocan las bases con los conectores, se golpean y se destruyen o se hacen arreglos temporales. Es frecuente el cambio de esta clase de repuestos.

Figura 2.9 Conectores de baterías en mal estado por impacto / choque.

En cuanto a los utensilios de mantenimiento, no se cuenta con un dispositivo de llenado de agua destilada dentro del sitio, se lo hace de forma empírica, no se verifica la altura de líquido en todos y cada uno de los espacios de la batería, por consiguiente quedan celdas sin llenado de agua. No existe ducha y fuente lava ojos en caso de irritaciones por proyecciones de ácidos.

Las estructuras soporte no son uniformes y no hay una estandarización de la distribución de los equipos dentro del cuarto,

una parte de cargadores o baterías se ubican sobre pallets o bases de madera, lo cual no es correcto.

Figura 2.10 Bases soporte de baterías y cargadores son pallets de madera.

Otra parte de cargadores tienen una estructura en acero, pero no es uniforme y no cubre en su totalidad todos los equipos de carga. No hay bastidores de carga para baterías.

El piso del local presenta los problemas en sus juntas de unión y en algunos sectores el desarrollo de grietas por la caída de las baterías y la entrada de los vehículos al interior.

No se encuentra instalado un sistema de drenaje para evacuación de agua al realizar la limpieza y mantenimiento del cuarto, tampoco se realiza la neutralización del ácido derramado en el momento de la limpieza y no se ejecuta el mantenimiento de los terminales de las baterías que quedan contaminados con restos de ácido derramado en estado sólido.

No se tiene un procedimiento de las tareas a realizar para el correcto cambio, traslado y carga de las baterías, el personal capacitado para realizar estas labores lo hace de acuerdo a su sentido común y muchas veces ejecutan maniobras peligrosas en cuanto al traslado, introducen los montacargas al interior del local y cargan directamente la batería al vehículo estacionado.

Figura 2.11 Ejemplo de un acto sub estándar al no desmontar la batería, se observa cómo se conecta directamente del vehículo al cargador.

El personal no cuenta en el sitio con los equipos de protección personal adecuados y no se protegen para estas maniobras con lo necesario: mandiles, guantes, máscaras con doble filtro, protectores de ojos, etc. No verifican los niveles de agua en cada celda, no se verifica la densidad del electrolito luego de los periodos de carga (al no haber instrumentos de medición tampoco) y no reportan de inmediato la ocurrencia de un incidente apenas sucede. El sitio no cuenta con un armario para almacenar los EPP's y que sean únicos y exclusivos para uso de esa área.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN Y SOPORTES DE DUCTOS.

3.1 Sistema de extracción de gases.

Para la selección del equipo de extracción, se tuvo bien en claro, la cantidad de aire a extraer, para ello se hizo una evaluación de la cantidad de hidrógeno desprendido por cada batería.

Los fabricantes de baterías, nos indicaron lineamientos interesantes para la estimación del volumen de hidrógeno que liberado:

- El hidrógeno debía ser evacuado para evitar una explosión, ya que las concentraciones mayores a 4% podrían causarla,

cuando se calculó la liberación de hidrógeno se asumió que todos los cargadores llegaron a su régimen final de carga al mismo tiempo.

- La Asociación Nacional de Protección del Fuego (N.F.P.A.) permite hasta 1% de concentración dentro del sitio. En el capítulo 1 se mencionó que un factor de seguridad de 5 garantizaba que haya una concentración de 0,8% (L.I.E. → 4% / 5 = 0,8%). Sin embargo, se quiso tomar en consideración el escape de pequeñas proporciones de aerosoles y vapores ácidos dentro del local de carga, por ello se aumentó el factor de seguridad a 10, es decir, se obtuvo una concentración de 0,4% (L.I.E. → 4% / 10 = 0,4%). Para calcular el hidrógeno producido se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_{H_2} = 0{,}016 \, x \, \text{Capacidad}(A\text{-}h) \, x \, \text{Carga final}(\%) \, x \, \#\,\text{celdas}(ft^3/h)$$

Donde Q_{H_2} era el caudal de hidrógeno desprendido en pies cúbicos por hora, entonces con los siguientes datos:

Baterías de 24V (12 celdas)

Cantidad → 10

Capacidad → 475 A-h

Carga final (porcentaje) → 5%

Baterías de 36V (18 celdas)

Cantidad → 18

Capacidad → 880 A-h

Carga final (porcentaje) → 5%

$$Q_{H_2} = 0{,}016(0{,}05)\left[(880)(18)(18) + (475)(12)(10)\right]$$

$$Q_{H_2} = 273{,}69\ \frac{ft^3}{h} = 0{,}00215\ \frac{m^3}{s} = 7{,}75\ \frac{m^3}{h}$$

3.1.1 Equipo de extracción.

3.1.1.1 Elección del equipo.

Para escoger el tipo de equipo se hizo un breve análisis:

¿Qué tipo de transmisión es el adecuado?

El acople directo en los ventiladores son opciones de bajo costo por los reducidos volúmenes de aire que manejan (hasta 2.200 CFM, 1 m^3/s ó 3.600 m^3/h) y baja presión estática (124,54 Pa – 12,7 mm de agua o menos). El periodo de espera entre mantenimiento y

mantenimiento suele ser prolongado y pueden ser instalados con variador de frecuencia para la regulación del caudal de aire.

El acople por correa se utiliza para el manejo de grandes volúmenes de aire, a partir de 1 m^3/s y caídas de presión en el sistema mayores a 124,54 Pa (12,7 mm de agua). El sistema de transmisión de velocidad por poleas da la facilidad de aumentar la amplitud de la velocidad y el caudal de aire hasta ¼ más allá de su capacidad. El manejo de aire a elevadas temperaturas (superiores a los 49°C ó 120°F) son casi siempre de acople por correa).

¿Cuál es preferible, el ventilador axial o el centrífugo?

Los ventiladores **axiales** proporcionan un medio económico para el transporte de granes volúmenes de aire (2,36 m^3/s o más) con presiones estáticas bajas (124,54 Pa – 12,7 mm de agua o menos), debido a que no son eficientes conectados a un sistema de ductos. Los motores están unidos al eje, esto quiere decir que

el flujo de aire incide en el motor, con peligro de contaminación del fluido si nuestra principal preocupación es el ingreso de aire limpio; además la temperatura del aire en contacto con el motor debe tener cierta temperatura máxima (43°C ó 110°F) para evitar el sobrecalentamiento del motor.

Los ventiladores **centrífugos** cuentan con una mayor eficacia para el transporte de presiones estáticas relativamente altas. Otra ventaja es la producción de un menor valor de presión sonora en comparación a los ventiladores axiales.

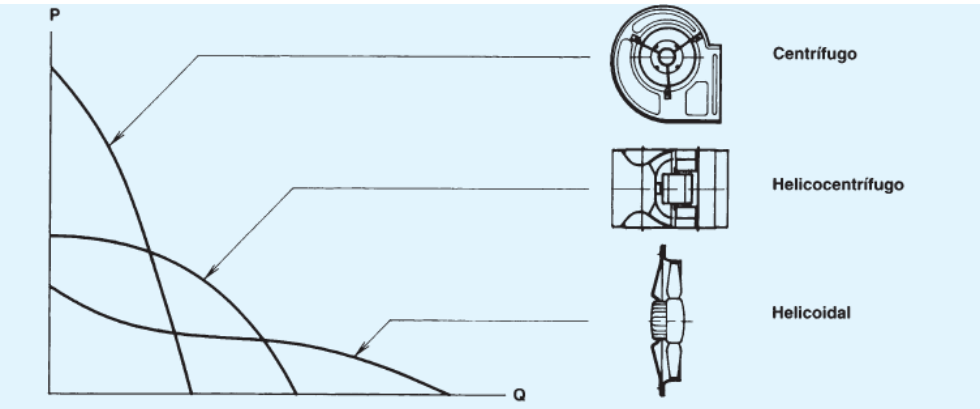


Figura 3.1 Comparación entre el manejo de volúmenes de aire y caída de presión estática según el tipo de ventilador: centrífugo, axial, o una combinación de ambos.
FUENTE: Salvador Escoda – Manual Práctico de Ventilación

Los sistemas de ventiladores centrífugos son concebidos pensando en situaciones muy complejas, como el transporte de aire a alta temperatura o como en este caso con agentes contaminantes, explosivos o tóxicos, donde el manejo del aire se vuelve una tarea un poco más compleja. Por ello, soluciones como acoples de motor por poleas y bandas para mantenerlo por fuera de la corriente de aire y evitar su contacto e instalaciones a prueba de explosión son ejemplos muy comunes de este tipo de ventiladores.

Localización del Ventilador

Existen varias disposiciones donde los ventiladores podrán ser montados: sobre una cubierta, en una pared lateral o en un ducto. Además hay situaciones donde puede darse una combinación: por ejemplo, un ventilador de techo acoplado a un sistema de ductos.

Independientemente del sitio de montaje, los componentes básicos del sistema no varían; existiendo pequeñas diferencias comparados con otros, por ejemplo una carcasa adicional para protección exterior

o tapas laterales desmontables para facilidad de inspección y mantenimiento. La ubicación de un ventilador puede estar influenciada por las características de construcción del área donde se vaya a manejar el aire, pudiendo estar muy alejado del sitio si no tengo el suficiente espacio interior, por ende los recorridos de ductos pueden aumentar y a su vez requerir mayor capacidad para vencer la presión estática. Ejemplos de sistemas instalados en aplicaciones parecidas a las de este proyecto son ilustrados a continuación:

Ventilación con equipo tipo utility.

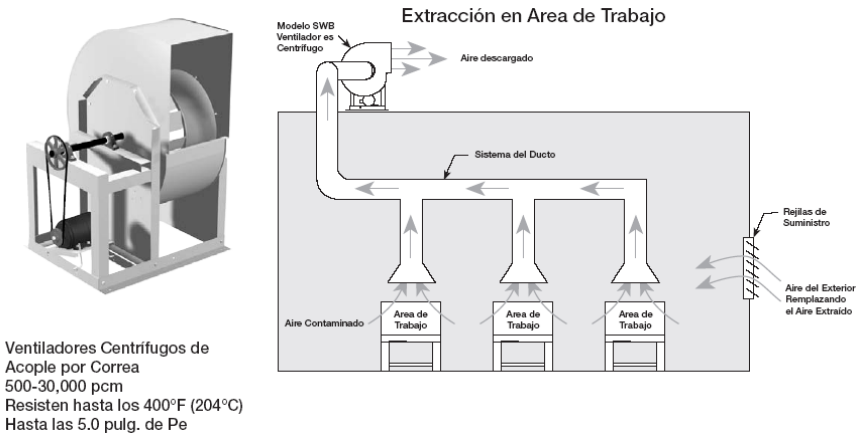


Figura 3.2 Ejemplo de ventilador centrífugo tipo utility.
FUENTE: Fundamentos de Ventilación Greenheck.

El ventilador centrífugo utility es un equipo para aplicaciones generales, donde el manejo de caudales de aire elevados con presiones estáticas altas (hasta 1245 Pa - 127 mm de agua) es requerido. ¿Cómo se generan valores elevados de presión estática? El sistema de ductos debe tener gran longitud, con muchas ramificaciones y restricciones dentro del sistema, como codos, transiciones de mayor a menor sección transversal, compuertas de regulación de flujo, puntos de extracción focalizado, etc. Tiene la capacidad de ser utilizado para suministro o extracción de aire. No hay distinción en el sitio donde se lo instale pues bien trabaja al interior o al exterior.

Ventilación con equipo tipo in line.

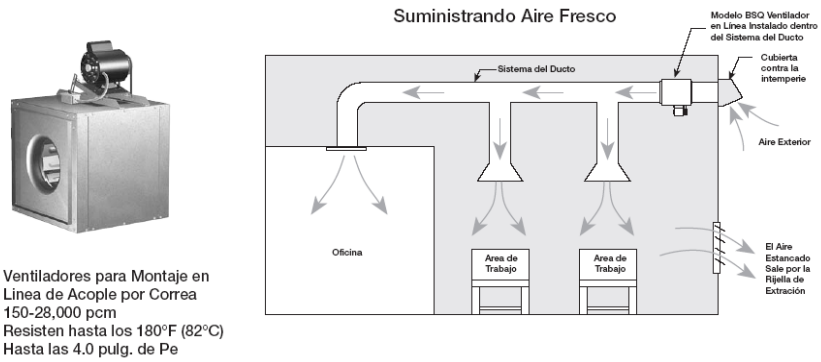


Figura 3.3 Ejemplo de ventilador centrífugo tipo in line.
FUENTE: Fundamentos de Ventilación Greenheck.

El ventilador centrífugo in line también es un ventilador general, cuenta con las mismas características de un ventilador tipo utility. Pero se diferencia del modelo anterior, ya que este tipo de equipo, solo puede ser montado en lugares interiores.

De acuerdo a las mayores ventajas que ofrece, tanto por dimensiones, como por facilidades para la instalación, se escogió el ventilador centrífugo tipo In Line para ser considerado en la extracción de los gases producidos en el interior del cuarto de carga de baterías.

3.1.1.2 Determinación del volumen de aire a extraer.

Se calculó el caudal apropiado a extraer del cuarto para que la liberación de hidrógeno no llegue al 0,4% del caudal total existente.

$$V = 17{,}00\ m \times 6{,}00\ m \times 5{,}00\ m = 510{,}00\ m^3$$

El volumen máximo de Hidrógeno permitido fue:

$$V_{H_2} = 510{,}00 m^3 \times 0{,}4\% = 2{,}04 m^3$$

El cálculo del tiempo de concentración fue:

$$T = \frac{V_{H_2}}{Q_{H_2}} = \frac{2{,}04\ m^3}{7{,}75\ \frac{m^3}{h}} = 0{,}26\ h = 15{,}79\ min$$

La cantidad de volumen de aire requerido por el ventilador fue:

$$Q_V = \frac{V}{T} = \frac{510\ m^3}{0{,}26\ \ h} = 1.961{,}5\ \frac{m^3}{h} = 1.154{,}0\ \frac{ft^3}{min}$$

Relacionando el caudal de Hidrógeno producido contra el caudal del ventilador, se obtuvo:

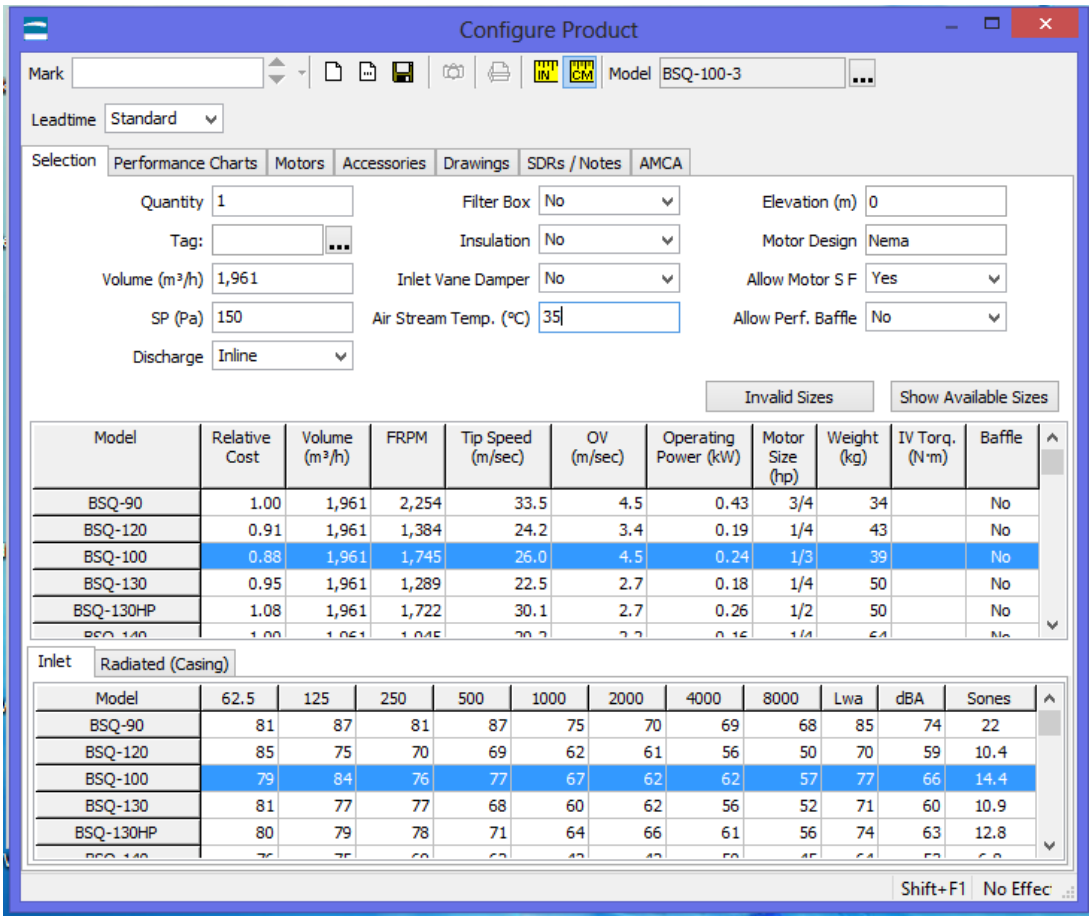
$$\frac{Q_{H_2}}{Q_V}(\%) = \frac{7{,}75}{1.961{,}5}(100) = 0{,}4\%$$

Con lo que se aseguró tener aire nuevo cada 15 minutos y 47 segundos al generar una presión negativa en el interior del cuarto y además una renovación forzada de aire proveniente del galpón interior.

3.1.1.3 Punto de operación aparente.

A través del uso del software de selección del fabricante GREENHECK, se procedió a la estimación del punto de operación aparente del equipo. Para lo cual, se introdujeron parámetros que fueron solicitados por el

programa, tales como el caudal y una caída aproximada de presión estática en un tipo de ventilador in line.



Model	Relative Cost	Volume (m³/h)	FRPM	Tip Speed (m/sec)	OV (m/sec)	Operating Power (kW)	Motor Size (hp)	Weight (kg)	IV Torq. (N·m)	Baffle
BSQ-90	1.00	1,961	2,254	33.5	4.5	0.43	3/4	34		No
BSQ-120	0.91	1,961	1,384	24.2	3.4	0.19	1/4	43		No
BSQ-100	0.88	1,961	1,745	26.0	4.5	0.24	1/3	39		No
BSQ-130	0.95	1,961	1,289	22.5	2.7	0.18	1/4	50		No
BSQ-130HP	1.08	1,961	1,722	30.1	2.7	0.26	1/2	50		No

Model	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Lwa	dBA	Sones
BSQ-90	81	87	81	87	75	70	69	68	85	74	22
BSQ-120	85	75	70	69	62	61	56	50	70	59	10.4
BSQ-100	79	84	76	77	67	62	62	57	77	66	14.4
BSQ-130	81	77	77	68	60	62	56	52	71	60	10.9
BSQ-130HP	80	79	78	71	64	66	61	56	74	63	12.8

Figura 3.4 Selección del equipo de acuerdo al caudal y caída aproximada de presión estática.
FUENTE: Software Caps 2.6 Greenheck.

El punto de operación del equipo es la intersección de la línea roja y la línea negra inferior, en este punto de operación, se tuvieron otros valores relevantes de funcionamiento del sistema, como son la potencia del

motor y la velocidad de salida del mismo, se recopilaron en el gráfico siguiente:

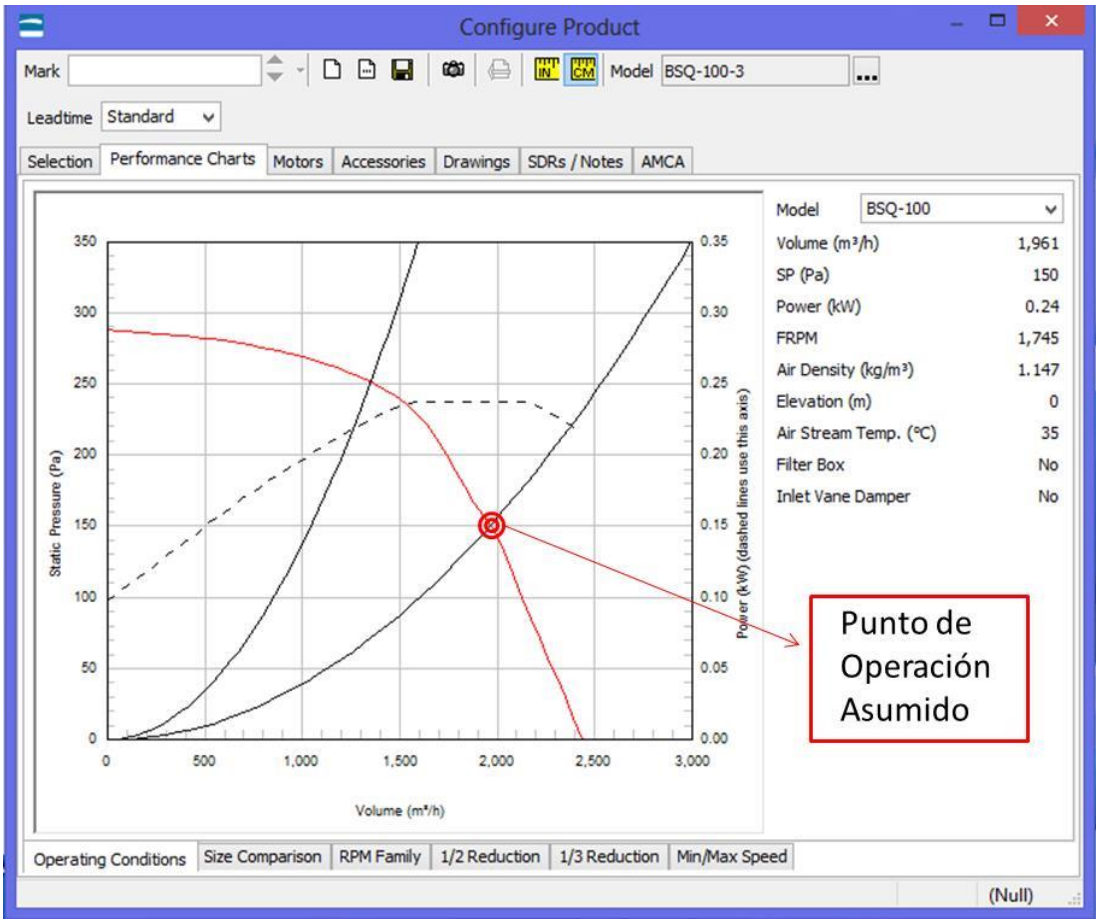


Figura 3.5. La intersección de la curva de operación del equipo y la curva resistencia asumida del sistema determinan el punto de operación aparente del equipo.
FUENTE: Software Caps 2.6 Greenheck.

Es importante recordar que el valor de presión estática del ventilador fue asumido en 150 Pa, aun así se hizo la determinación analítica de este valor para confirmar las asunciones hechas.

3.1.1.4 Accesorios del equipo.

El ventilador podría requerir de accesorios adicionales para complementar el funcionamiento con las condiciones en las que se seleccionó, como son:

Compuertas gravitatorias o motorizadas para instalación en el ducto. Cuentan con marcos sólidos y galvanizados con orificios para su instalación, aspas de aluminio con borde plano y diseño balanceado para resistencia mínima a la corriente. A pesar de ello, en caso de instalarlas, debe considerar el valor de pérdida de presión total debido a esta resistencia.

Figura 3.6 Compuerta para colocación en la descarga del ducto puede ser gravitatoria o motorizada.
FUENTE: Ventiladores centrífugos en Línea Modelos SQ y BSQ - Greenheck

Recubrimientos de protección los cuales están disponibles en la opción de 5 polvos electrostáticos (Permatector, Esmalte al horno, Polyester de alta

protección, Epóxico y Epóxico Industrial) que proporciona una selección para casi todos los entornos.

Cubierta del motor / Protector de banda, que está construida de acero galvanizado para la protección de los motores, transmisiones y el personal. (Estándar en unidades especificadas con UL).

Los soportes de aislador colgante son diseñados para permitir una instalación del ventilador con el motor localizado arriba, abajo o de lado (Barras colgantes suministradas por otros). Los soportes de aislador de base están diseñados para permitir una instalación del ventilador con el motor localizado arriba o de lado.

Figura 3.7 Aislador colgante con neopreno.
FUENTE: Ventiladores centrífugos en Línea Modelos SQ y BSQ - Greenheck

Orificio para chequeo de presión: lleva la opción para un tubo de 1/4 pulg. de diámetro en el venturi del ventilador que permite una conexión al manómetro (para medir la presión estática).

3.1.2 Ductos y rejillas de extracción.

Se determinó la resistencia que oponía el sistema como conjunto (además del ventilador se tomó en cuenta los efectos producidos por el sistema de ductos primarios, secundarios y las captaciones de los fluidos provenientes de las baterías). Esto con el objeto de obtener la gráfica real de resistencia del sistema.

3.1.2.1 Material para construcción de los ductos.

Los ductos de extracción industrial son sistemas cerrados que conectan zonas de extracción de un área en particular, a través de otros componentes (como rejillas, transiciones, dampers, etc.) de los sistemas de escape. Son utilizados para transportar polvo, partículas, virutas, humos o componentes químicos peligrosos del aire en las proximidades a una planta o de otras localidades específicas. Los conductos pueden ser fabricados a partir de materiales metálicos como el

acero al carbono galvanizado, inoxidable o aluminio. Los ductos del sistema de ventilación son considerados de baja presión (menores a 249,08 Pa – 1 in wg) ya que el sistema cuenta con un ramal principal y un ramal secundario, rejillas de extracción y transiciones para cambio de sección sin mayores restricciones o dispositivos específicos de ventilación como campanas de extracción.

En todo caso, la determinación de la baja presión se efectuará en el apartado siguiente para corroborar esta afirmación. Con esta asunción, los conductos del sistema de ventilación, deberán ser fabricados de acuerdo a las dimensiones y formas indicadas en los planos que se presentarán al final como anexos.

Las dimensiones indicadas en el plano fueron con referencia a la medida nominal (libre) del ducto para permitir el paso del aire, los ductos se recomendaron fabricar e instalar según los requerimientos definidos por S.M.A.C.N.A. (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association). Para asegurar una

óptima condición de construcción, las dimensiones de los ductos, estuvieron basadas en los criterios de funcionalidad y espacios disponibles en el área de construcción y se tuvo en cuenta las restricciones del sistema (estructuras circundantes, canaletas eléctricas, altura libre hasta el techo, etc.).

En cuanto al material para fabricación de los ductos, las láminas se consideraron de acero galvanizado ASTM A653 / A653M - 11, los grosores de las planchas y las formas de ejecución de los dobleces en sentido longitudinal y transversal se escogieron siguiendo los requerimientos de S.M.A.C.N.A. Según esta norma de referencia, el grosor de la plancha es denominado –calibre– que se maneja de acuerdo a rangos dependiendo de las dimensiones de las secciones transversales. Mediante la tabla siguiente, se indican los calibres requeridos al construir ductos de baja presión:

TABLA 2. CALIBRES (GAUGE) RECOMENDADOS DE LÁMINAS DE METAL PARA DUCTOS RECTANGULARES O REDONDOS.

Ducto Rectangular			Ducto circular		
Su mayor dimensión	Acero Galvanizado (calibre)	Aluminio (calibre)	Diámetro	Acero Galvanizado (calibre)	Aluminio (calibre)
Hasta 30 pulgadas	24	22	Hasta 9 pulgadas	24	22
De 31 - 60 pulgadas	22	20	De 9 - 24 pulgadas	22	20
De 61 - 90 pulgadas	20	18	De 25 - 48 pulgadas	20	18
91 pulgadas o más	18	16	De 49 - 72 pulgadas	18	16

FUENTE: HVAC – Instalaciones estándar para servicios de Construcción (Parte 1)

También se indicaron, los espesores de las láminas recomendadas y el peso por unidad de área:

TABLA 3. PESOS POR UNIDAD DE ÁREA DE ACUERDO AL CALIBRE DE LÁMINAS METÁLICAS.

Calibre No.	Acero (Calibre manufactura estandar)		Galvanizado (Calibre manufactura estandar)	
	Espesor en pulgadas	Libras / pie^2	Espesor en pulgadas	Libras / pie^2
26	0,0179	0,750	0,0217	0,906
24	0,0239	1,000	0,0276	1,156
22	0,0299	1,250	0,0336	1,406
20	0,0359	1,500	0,0396	1,656
18	0,0478	2,000	0,0516	2,156
16	0,0598	2,500	0,0635	2,656
14	0,0747	3,125	0,0785	3,281
12	0,1046	4,375	0,1084	4,531
10	0,1345	5,625	0,1382	5,781
8	0,1644	6,875	0,1681	7,031
7	0,1793	7,500	-	-

FUENTE: HVAC – Instalaciones estándar para servicios de Construcción (Parte 1)

Si los ductos tienen un ancho mayor a los 305 mm (12”) será necesario realizar pliegues diagonales, tanto a los tramos rectos como a los cambios de sección transversal y codos.

En caso de haber codos curvos, el radio interior será mínimo ¾ del ancho mayor de la cara. Si los codos se construyen con radio corto, es lícito hacerlo, pero por dentro deberán instalarse deflectores. Si la opción es codo recto, los deflectores interiores con forma aerodinámica serán válidos para aliviar el flujo de aire.

En cuanto a los cambios de sección transversal, deben hacerse en forma progresiva, con ángulos de apertura que no excedan los 15°, o sea relaciones de aumento de área transversal entre 4:1 y 7:1.

Existen requerimientos estándar para sellado de los ductos, definidos de acuerdo a un rango de presiones, esta clasificación nos dará la pauta para realizar los refuerzos en sentido longitudinal y transversal de acuerdo al siguiente esquema:

TABLA 4. REQUERIMIENTOS ESTÁNDAR PARA SELLADO DE DUCTOS. PARA PRESIONES MENORES A 500 Pa.

REQUERIMIENTOS DE SELLADO PARA DUCTOS ESTANDAR		
CLASE DE SELLADO	**REQUERIMIENTOS DE SELLADO**	**Presión estática aplicable Clase de Construcción**
A	Clase A: todas las juntas transversales, costuras longitudinales y penetraciones de pared del conducto	Hasta 4 pulgadas de columna de agua (1000 Pa)
B	Clase B: todas las juntas transversales y costuras longitudinales solamente	3 pulgadas de columna de agua (750 Pa)
C	Clase C: Juntas transversales solamente	2 pulgadas de columna de agua (500 Pa)
Además de lo anterior, cualquier sistema de ductos de volumen de aire variable de 1 pulgada (250 Pa) y 1/2 pulgada (125 Pa) de columna de agua, la clase de construcción que se encuentre aguas arriba de las cajas de volumen de aire variable, serán sellado de clase C.		

FUENTE:
http://www.sheetmetalpartners.org/files/HVAC_Duct%20Construction%20-%20Wasilewski.pdf

Se escogió la opción de sello clase C, por el rango de presiones que maneja. El siguiente gráfico nos da opciones de uniones que podrían ser aplicadas:

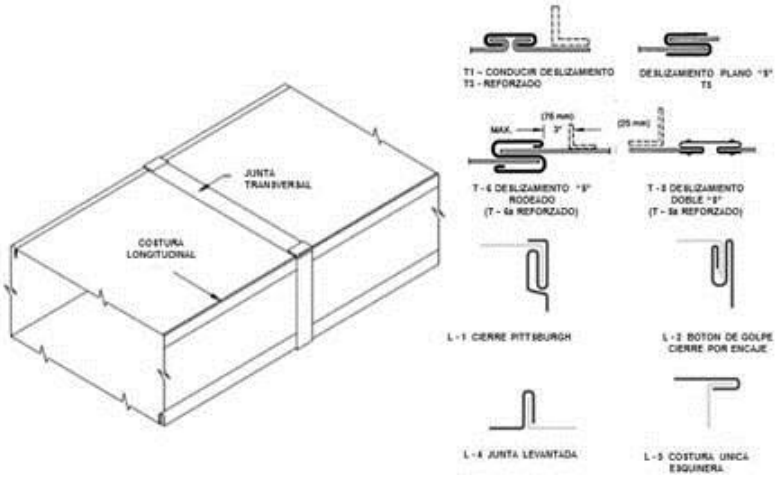


Figura 3.8 Juntas transversales y refuerzos para ducto rectangular.
FUENTE: HVAC Estándar de Construcción de ductos 1995

3.1.2.2 Esquema del sistema de ductos en el área.

Se definió de acuerdo a las características del área, que existan dos ramales de ductos uno principal y uno secundario, en las paredes de mayor longitud (17,00 m) del cuarto de carga, por encima de los cargadores, de acuerdo al siguiente esquema:

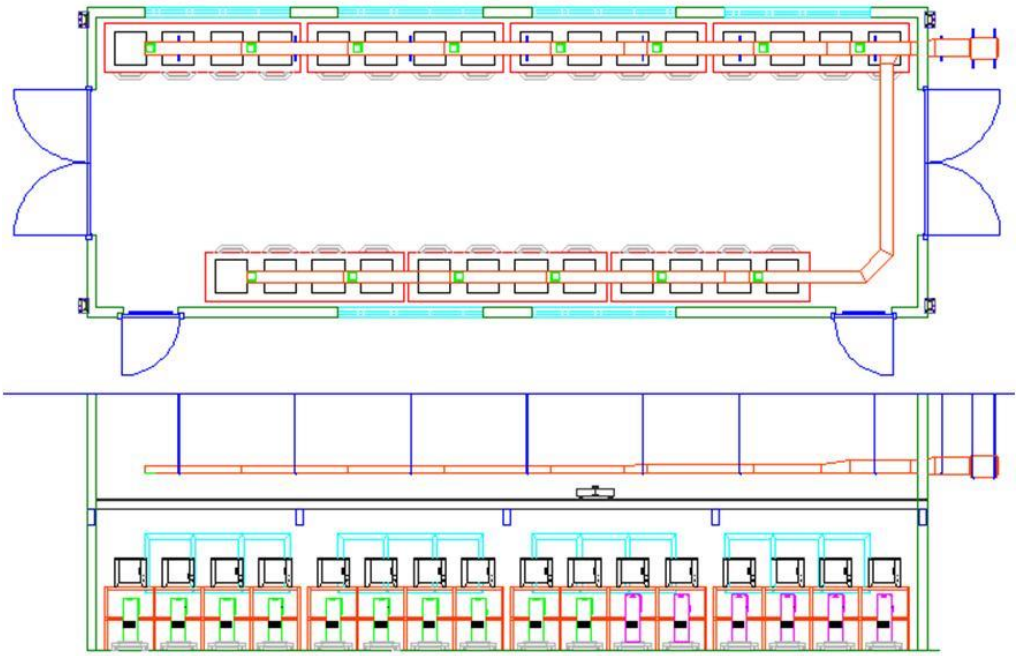


Figura 3.9. Distribución de los ductos de los sistemas de ventilación en el cuarto de baterías.

3.1.2.3 Cálculo de la caída de presión estática en el sistema.

Se utilizó el método de pérdida de carga constante para determinar las pérdidas que ocurren a lo largo del sistema, para lo cual:

Se calculó el flujo de aire que se necesitaba en el espacio a ventilar → 1.961,5 m^3/h, luego se especificó la ubicación del ventilador, la localización de la entrada del aire exterior, el arreglo para el sistema de ductos y la distribución con las rejillas de extracción, descarga y toma de aire fresco.

Se dividió en 14 secciones compuestas de un tramo recto y una transición que conectaba al siguiente tramo. En cada tramo se consideró una rejilla de extracción que captaba de acuerdo al volumen total de aire dividido para la cantidad de rejillas escogidas. Para el ventilador, el caudal (1.961,5 m^3/h) fue dividido para 14 rejillas:

$$Q_R = \frac{Q_{TOTAL}}{\#\ \text{rejillas}} = \frac{1.961{,}5\ m^3/h}{14} = 140{,}1\ m^3/h$$

Para cada tramo se calculó el tamaño del ducto y se asumió un valor de velocidad para el ducto. Para el tramo 1, la velocidad fue 1,21 m/s. Con el valor de caudal conocido y la velocidad se estableció el área del ducto en este tramo:

$$A_d = \frac{Q}{V} = \frac{140{,}1\ m^3/h}{1{,}21\ m/s\ x\ 3600\ s/h} = 0{,}032\ m^2$$

Es decir, se seleccionó un tamaño de ducto que nos permitió obtener esta área, por ejemplo:

$$A_d = 254\ mm\ x\ 127\ mm = 32.258\ mm^2 / 1.000.000 = 0{,}0322\ m^2$$

El tamaño para este tramo fue 254 mm x 127 mm. En la tabla observamos el cálculo de áreas de los tramos de ducto, donde se resumieron los valores de velocidad y tamaños para cada uno:

TABLA 5. VALORES OBTENIDOS DE CAUDAL, VELOCIDAD Y MEDIDAS DE LOS TRAMOS DE DUCTO DEL SISTEMA.

Tramos	Caudal (m^3/h)	Velocidad (m/s)	Area transversal (m^2)	Ancho del ducto (mm)	Alto del ducto (mm)
1	140,11	1,21	0,032164	254	127
2	280,21	2,42	0,032164	254	127
3	420,32	3,63	0,032164	254	127
4	560,43	4,84	0,032164	254	127
5	700,54	6,05	0,032164	254	127
6	840,64	5,16	0,045254	254	178
7	980,75	6,02	0,045254	254	178
8	1120,86	4,82	0,064595	254	254
9	140,11	1,21	0,032164	254	127
10	280,21	2,42	0,032164	254	127
11	420,32	3,63	0,032164	254	127
12	560,43	4,84	0,032164	254	127
13	700,54	6,05	0,032164	254	127
14	840,64	5,16	0,045254	254	178
15	1961,50	4,93	0,110519	353	353

Los tamaños de ducto con ancho mínimo de 254 mm fueron asumidos ya que para la velocidad de captación de las rejillas de extracción, se asumió el valor de 1,67 m/s:

$$A_r = \frac{Q}{V} = \frac{140{,}11\,m^3/h}{1{,}67\ m/s\ x\ 3600\ s/h} = 0{,}0233\ m^2$$

$$L = \sqrt{A_r} = \sqrt{0{,}0233} = 0{,}1524\,m = 15{,}24\,cm$$

Esto quiere decir que la medida del lado de la rejilla debió ser de 15,24 cm. Las rejillas de medida comercial

más cercanas fueron las de 15,24 cm x 15,24 cm (6” x 6”) con lo que se escogió estas rejillas que pudieron encajar en la base del ducto que mínimo fue definida como 254 mm.

Luego se calculó la resistencia del sistema en función de la pérdida total de presión. Esto se obtuvo al calcular las pérdidas de presión en cada tramo de ducto y las restricciones que tenía el sistema como transiciones o rejillas de extracción.

Para calcular la pérdida de presión en un tramo de ducto, se debió conocer la longitud del mismo, el diámetro equivalente (en caso de no ser redondo) y la pérdida de presión por unidad de longitud en el ducto. Este valor fue obtenido de la tabla de fricción que fue diseñada con los modelos matemáticos de Darcy:

$$\frac{\Delta p_f}{L} = \frac{1000 f}{D_h} \frac{\rho V^2}{2}$$

Donde:

Δp_f / L = Fricción perdida en términos de fricción total por unidad de longitud, en Pa/m

f = factor de fricción, adimensional

$D_{h/e}$ = Diámetro hidráulico o equivalente en mm

V = Velocidad, en m / s

ρ = densidad, en kg / m^3

En caso de no tener tramos de ducto circular, se utilizó el diámetro equivalente, que se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$D_e = \frac{1{,}30\,(ab)^{0{,}625}}{(a+b)^{0{,}25}}$$

Donde:

D_e = Diámetro equivalente de un ducto rectangular de igual longitud, resistencia y flujo, en mm.

a = Ancho del ducto, en mm.

b = Alto del ducto, en mm.

El factor de fricción f, se obtuvo a través de estas relaciones:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3{,}7\,D_h} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

Donde:

f = factor de fricción, adimensional

ξ = factor de rugosidad absoluta del material, en mm

$D_{h/e}$ = Diámetro hidráulico o equivalente, en mm

Re = número de Reynolds.

Cabe señalar que para la determinación del factor de fricción fue necesario utilizar métodos iterativos por cuánto el despeje de la variable era complejo.

Para determinar el factor de rugosidad absoluta de un material se dispuso de esta tabla:

TABLA 6. FACTORES DE RUGOSIDAD DEL MATERIAL DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USO EN UN CONDUCTO.

Factores de rugosidad de ductos

Material del ducto	Categoría de Rugosidad	Rugosidad Abosluta e, mm
Acero al carbono no revestido, limpio (Moody 1944) (0,05 mm) Tubería plástica de PVC (Swim 1982) (0,01 a 0,05 mm) Aluminio (Hutchinson 1953) (0,04 a 0,06 mm)	Liso	0,03
Acero galvanizado, costuras longitudinales juntas de 1200 mm (Griggs 1987) (0,05 a 0,10 mm) Acero galvanizado, enrollado continuamente, costura espiral, juntas de 3000 mm (Jones 1979) (0,06 a 0,12 mm) Acero galvanizado, costura espiral con 1, 2 y 3 nervios, juntas de 3600 mm (Griggs 1987) (0,09 a 0,12 mm)	Medio Liso	0,09
Acero galvanizado, costuras longitudinales juntas de 760 mm (Wright 1945) (0,15 mm)	Promedio	0,15
Ducto de fibra de vidrio, rígido Ducto de fibra de vidrio revestido, lado del aire con material de revestimiento (Swim 1978) (1,5 mm)	Rugosidad Media	0,9
Ducto de fibra de vidrio revestido, lado del aire con revestimiento en spray (Swim 1978) (4,5 mm) Ducto flexible, metálico (1,2 a 2,1 mm cuando está totalmente extendido) Ducto flexible, todos los tipos de fabricación y cables (1,0 a 4,6 mm cuando está totalmente extendido) Concreto (Moody 1944) (1,3 a 3,0 mm)	Rugoso	3

FUENTE: Manual ASHRAE – Fundamentos –Diseño de ductos

El número de Reynolds, se calculó con:

$$Re = \frac{D_h V}{1000\nu}$$

Donde ν es la viscosidad cinemática en m^2 / s. Sin embargo para aire estándar a una temperatura entre 4 y 38 °C, la ecuación se pudo simplificar por la siguiente relación:

$$Re = 66{,}4\, D_h V$$

Estas ecuaciones, junto con la asunción de un factor de rugosidad para tramos de acero galvanizado (0,09 mm) nos dio como resultado la tabla que se muestra a continuación:

TABLA 7. PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO EQUIVALENTE Y VELOCIDAD, ASUMIDO PARA UNA DENSIDAD DEL AIRE DE 1,20 Kg/m^3 Y UN FACTOR DE RUGOSIDAD DE 0,09 mm

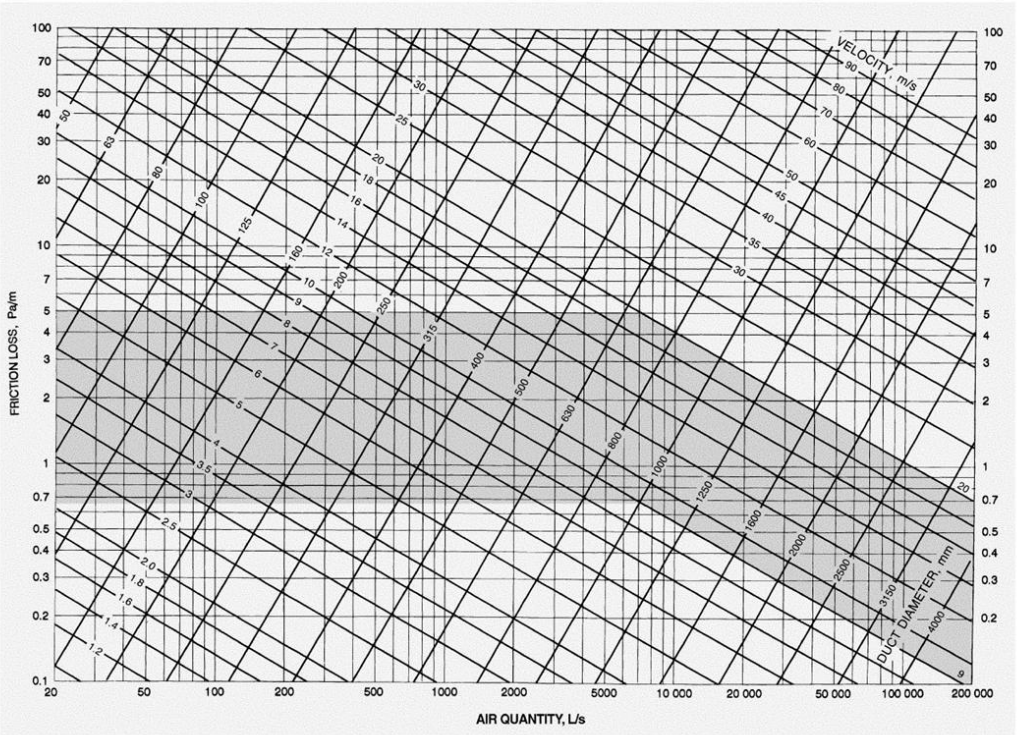


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct (ρ = 1.20 kg/m^3 and ε = 0.09 mm)

FUENTE: Manual ASHRAE – Fundamentos –Diseño de ductos

La tabla siguiente muestra los resultados, calculados para cada tramo de ducto:

TABLA 8. TABLA DE VALORES DE PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL POR CADA TRAMO DE DUCTO.

Sección del Ducto	Elemento del ducto	Flujo (L/s)	Tamaño del ducto - Diámetro Equivalente - (mm)	Veloci-dad (m/s)	Longitud del ducto, (m)	Pérdida de presión en el ducto (Pa/m)	Pérdida de presión Total (Pa)
1	Ducto	38,92	193,47	1,21	2,0	0,15	0,30
2	Ducto	77,84	193,47	2,42	2,2	0,45	0,99
3	Ducto	116,76	193,47	3,63	2,0	0,9	1,80
4	Ducto	155,67	193,47	4,84	2,2	1,6	3,52
5	Ducto	194,59	193,47	6,05	1,5	2,2	3,30
6	Ducto	233,51	231,53	5,16	2,2	1,5	3,30
7	Ducto	272,43	231,53	6,02	1,5	1,9	2,85
8	Ducto	311,35	277,66	4,82	1,24	1,0	1,24
9	Ducto	38,92	193,47	1,21	2,0	0,15	0,30
10	Ducto	77,84	193,47	2,42	2,2	0,45	0,99
11	Ducto	116,76	193,47	3,63	2,0	0,9	1,80
12	Ducto	155,67	193,47	4,84	2,2	1,6	3,52
13	Ducto	194,59	193,47	6,05	1,5	2,2	3,30
14	Ducto	233,51	231,53	5,16	6,25	1,5	9,38
15	Ducto	544,86	385,89	4,93	0,75	1,9	1,43
						Total	38,01

Luego se calcularon las pérdidas de presión total para los accesorios, en este caso las transiciones trapezoidales para cambiar de sección transversal, el codo y la bifurcación del flujo. La sección de diseño de ductos de A.S.H.R.A.E. presenta unas tablas denominadas coeficientes de pérdidas en conexiones, donde se muestran una serie de tablas con valores de coeficiente de pérdida de fricción. Estos coeficientes de pérdida fueron utilizados en la siguiente ecuación:

$$\Delta p_j = C\,P_v$$

Donde:

Δp_j = Presión total perdida en conexiones, en Pa

C = Coeficiente de pérdida local, en la conexión, adimensional.

P_v = Presión de velocidad, en Pa.

Reemplazando el valor de la presión de velocidad, se tuvo que:

$$\Delta p_j = C\,\frac{\rho V^2}{2}$$

Y asumiendo nuevamente aire en condiciones estándar (ρ = 1,204 Kg/m^3), la ecuación quedó así:

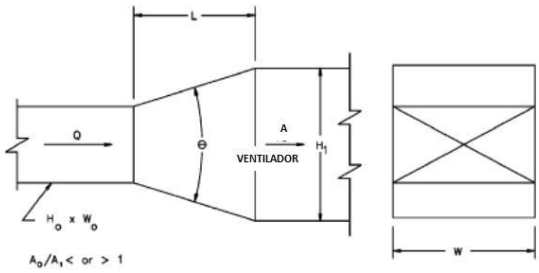
$$\Delta p_j = 0{,}602\,V^2\,C$$

El valor de velocidad tomada en la transición, fue el valor más restrictivo, o sea, el de la menor área.

TABLA 9. VALORES DE COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL EN UNA TRANSICIÓN RECTANGULAR.

ER4-1 Transición Rectangular, Dos Lados Paralelos, Simétricos, Sistemas de Extracción / Retorno

	Valores C_0									
	θ									
A_0/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0,06	0,26	0,27	0,40	0,56	0,71	0,86	1,00	0,99	0,98	0,98
0,10	0,24	0,26	0,36	0,53	0,69	0,82	0,93	0,93	0,92	0,91
0,25	0,17	0,19	0,22	0,42	0,60	0,68	0,70	0,69	0,67	0,66
0,50	0,14	0,13	0,15	0,24	0,35	0,37	0,38	0,37	0,36	0,35
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	0,23	0,20	0,20	0,20	0,24	0,28	0,54	0,78	1,02	1,09
4,00	0,81	0,64	0,64	0,64	0,88	1,12	2,78	4,38	5,65	6,60
6,00	1,82	1,44	1,44	1,44	1,98	2,53	6,56	10,20	13,00	15,20
10,00	5,03	5,00	5,00	5,00	6,50	8,02	19,10	29,10	37,10	43,10



FUENTE: Manual ASHRAE – Fundamentos –Diseño de ductos

Con los valores de la base de datos anterior, se calcularon los valores para las pérdidas en la transición, mostrados a continuación:

TABLA 10. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y EL COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL PARA UNA TRANSICIÓN RECTANGULAR.

Sección del Ducto	Elemento del ducto	Flujo (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión de velocidad (Pa)	Sumatoria de coeficientes de pérdida en transiciones	Pérdida de Presión Total (Pa)
6	Transición	233,51	5,16	16,03	0,09	1,48
8	Transición	311,35	4,82	13,99	0,10	1,37
14	Transición	233,51	5,16	16,03	0,09	1,48
15	Transición	544,86	4,93	14,63	0,21	3,13
					Total	7,47

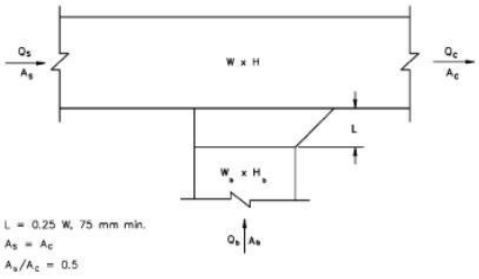
En el caso de una bifurcación, el tramo principal, C se denominó Cs, y el tramo secundario, se denominó Cb.

TABLA 11. VALORES DE COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL EN UNA BIFURCACIÓN CON COEFICIENTES DE PÉRDIDA PRINCIPAL C_s Y SECUNDARIO C_b.

ER5-3 Tee, Ramal de entrada a 45°, Converge

Q_b/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_b	−18.00	−3.25	−0.64	0.53	0.76	0.79	0.93	0.79	0.90	0.91

Q_s/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
C_s	2.15	11.91	6.54	3.74	2.23	1.33	0.76	0.38	0.10



FUENTE: Manual ASHRAE – Fundamentos –Diseño de ductos

Con los valores de la base, se calcularon los valores para las pérdidas en la bifurcación:

TABLA 12. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y EL COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL PARA UNA BIFURCACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIA.

Sección del Ducto	Elemento del ducto	Flujo (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión de velocidad (Pa)	Sumatoria de coeficientes de pérdida en bifurcaciones	Pérdida de Presión Total (Pa)
8	Bifurcación	311,35	4,82	13,99	0,60	8,39
14	Bifurcación	233,51	5,16	16,03	0,40	6,41
					Total	14,80

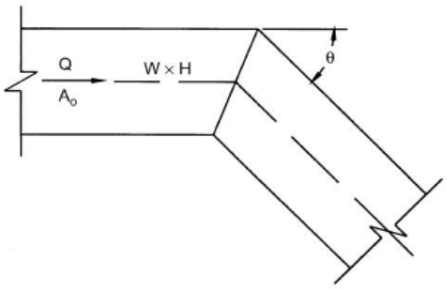
Cuando el accesorio analizado fue un codo, los datos importantes para determinar el coeficiente de pérdida local fueron el ángulo del codo y la relación entre el ancho y la altura del ducto, en la siguiente tabla se

muestran los valores de C para este accesorio en particular:

TABLA 13. VALORES DE COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL EN UN CODO, CONOCIDOS SU ÁNGULO Y LA RELACIÓN H/W.

CR3-6 Codo, Inglete

	Valores C_0										
	H/W										
θ	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00
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	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	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	0.63	0.61	0.58	0.57
90	1.30	1.27	1.23	1.18	1.13	1.07	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83



FUENTE: Manual ASHRAE – Fundamentos –Diseño de ductos

De igual forma, se calculó el valor de la pérdida en el codo del ramal secundario:

TABLA 14. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y EL COEFICIENTE DE PÉRDIDA LOCAL PARA UN CODO.

Sección del Ducto	Elemento del ducto	Flujo (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión de velocidad (Pa)	Sumatoria de coeficientes de pérdida en codos	Pérdida de Presión Total (Pa)
14	Codo	233,51	5,16	16,03	0,33	5,31
					Total	5,31

Por último, se determinó el valor de pérdida de presión total debido a las rejillas de extracción. Se escogió el catálogo de rejillas Metalaire, una rejilla de 15,24 cm x 15,24 cm (6” x 6”), a la velocidad de extracción de 1,67 m/s (328 pies / min). En el catálogo se tenía las

medidas en el sistema inglés, se buscó entonces la opción de 6” x 6” y una velocidad cercana a 328 pies / min. Tuvimos la lectura para 400 pies / min. La medida de presión perdida se convirtió luego a unidades del sistema internacional:

TABLA 15. VALORES DE PÉRDIDA DE PRESIÓN PARA REJILLAS DE EXTRACCIÓN. LA MEDIDA COMERCIAL DE 6” X 6” CON 400 PIES/MIN DE EXTRACCIÓN INDICAN UNA PÉRDIDA DE PRESIÓN DE 0,022 in wg.

Series 4500 - 0° Desempeño

Modelos 4500-1, 4500D-1

Tamaño Nominal del Ducto		Area Nominal del Núcleo	Velocidad del Núcleo	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
L	W		Presión Estática Negativa	0,005	0,012	0,022	0,034	0,049	0,067	0,087	0,11	0,136	0,196	0,267	0,348
6"	6"	0,21	Volume (PCM)	42	63	84	105	126	147	168	189	210	252	294	336
			NC	-	-	-	-	-	20	22	27	28	32	35	38
8"	6"	0,29	Volume (PCM)	57	86	115	143	172	201	229	258	286	344	401	458
			NC	-	-	-	-	-	21	23	28	29	33	36	39
8"	8"	0,39	Volume (PCM)	78	117	156	195	234	273	313	352	391	469	547	625
			NC	-	-	-	-	-	26	25	30	31	35	38	41
12"	6"	0,44	Volume (PCM)	88	132	176	220	264	307	351	395	439	527	615	703
			NC	-	-	-	-	-	23	25	30	31	35	38	73
12"	8"	0,6	Volume (PCM)	120	180	240	299	359	419	479	539	599	719	839	958
			NC	-	-	-	-	21	25	27	32	33	37	40	43
12"	10"	0,76	Volume (PCM)	152	228	303	379	455	531	607	683	759	910	1062	1214
			NC	-	-	-	-	22	26	28	33	34	38	41	44
12"	12"	0,92	Volume (PCM)	184	276	367	459	551	643	735	827	918	1102	1286	1469
			NC	-	-	-	-	22	26	28	33	34	38	41	44

FUENTE: Catálogo Metalaire Rejillas y Registros GAR-77

Los valores correspondientes a las pérdidas de fricción por las rejillas se indican en la siguiente tabla:

TABLA 16. VALORES DE PÉRDIDA DE PRESIÓN PARA REJILLAS DE EXTRACCIÓN.

Sección del Ducto	Elemento del ducto	Flujo (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida de Presión según el fabricante (in wg)	Pérdida de Presión según el fabricante (Pa)	Pérdida de Presión total (Pa)
1	Rejilla	38,92	1,67	0,022	5,5	5,5
2	Rejilla	77,84	1,67	0,022	5,5	5,5
3	Rejilla	116,76	1,67	0,022	5,5	5,5

4	Rejilla	155,67	1,67	0,022	5,5	5,5
5	Rejilla	194,59	1,67	0,022	5,5	5,5
6	Rejilla	233,51	1,67	0,022	5,5	5,5
7	Rejilla	272,43	1,67	0,022	5,5	5,5
8	Rejilla	311,35	1,67	0,022	5,5	5,5
9	Rejilla	38,92	1,67	0,022	5,5	5,5
10	Rejilla	77,84	1,67	0,022	5,5	5,5
11	Rejilla	116,76	1,67	0,022	5,5	5,5
12	Rejilla	155,67	1,67	0,022	5,5	5,5
13	Rejilla	194,59	1,67	0,022	5,5	5,5
14	Rejilla	233,51	1,67	0,022	5,5	5,5
					Total	77

Ahora los resultados globales de pérdida de presión total para cada tramo y por tipo:

TABLA 17. RESUMEN DE VALORES DE PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL DEBIDO A DUCTOS, ACCESORIOS Y REJILLAS PARA EL SISTEMA.

Sección del Ducto	Pérdida de Presión Total en ductos (Pa)	Pérdida de Presión Total por transiciones (Pa)	Pérdida de Presión Total por Codos (Pa)	Pérdida de Presión Total por Bifurcaciones (Pa)	Pérdida de Presión Total en rejillas (Pa)
1	0,30	-	-	-	5,5
2	0,99	-	-	-	5,5
3	1,80	-	-	-	5,5
4	3,52	-	-	-	5,5
5	3,30	-	-	-	5,5
6	3,30	1,48	-	-	5,5
7	2,85	-	-	-	5,5
8	1,24	1,37	-	8,39	5,5
9	0,30	-	-	-	5,5
10	0,99	-	-	-	5,5
11	1,80	-	-	-	5,5
12	3,52	-	-	-	5,5
13	3,30	-	-	-	5,5
14	9,38	1,48	5,31	6,41	5,5

15	1,43	3,13	-	-	-
Total	38,01	7,47	5,31	14,80	77

Por lo tanto, el valor de pérdida de presión total fue:

$$p_t = 38{,}01 + 7{,}47 + 5{,}31 + 14{,}80 + 77$$

$$p_t = 142{,}59 \text{ Pa}$$

Sabiendo que:

$$p_t = p_s + p_v$$

Luego se obtuvo la presión de velocidad a la salida del ventilador. Según Greenheck, la velocidad de descarga del ventilador era:

$$V_d \text{ (pies / min)} = Q\,(\text{CFM})\text{ x } 0{,}7617$$

$$V_d = 1.154 \text{ x } 0{,}7617 \text{ (CFM)}$$

$$V_d = 879 \text{ pies / min} = 4{,}47 \text{ m / s}$$

Por ello, la presión de velocidad a la salida del ventilador fue:

$$p_v = 0{,}602\ (4{,}47)^2 = 12 \text{ Pa}$$

De la ecuación de presión total, despejando la presión estática, y aplicando un factor de seguridad de 1,5 se tuvo que:

$$p_s = \eta\,(p_t - p_v)$$

$$p_s = 1{,}5\,(142{,}59 - 12)$$

$$p_s = 195{,}89\ \text{Pa} = 0{,}8\ \text{in wg}$$

La asunción realizada al principio, estuvo bastante aproximada, sin embargo, se consideró el valor obtenido para graficar la curva real de funcionamiento del sistema.

3.1.2.4 Obtención de la curva de ventilador y sistema.

Se definió para el caudal calculado (1.961,5 m^3/h – 1.154 ft^3/min) un ventilador que se encontró dentro del rango especificado y que manejaba presiones medias. Se utilizó el software CAPS de selección de la marca GREENHECK, donde se escogió el modelo inline BSQ-100, que en el catálogo tenía altas prestaciones en cuanto al manejo del caudal y la caída de presión estática. Se escogió un ventilador de acople con banda y no directo ya que el motor no debía tener contacto con el vapor de Hidrógeno por el riesgo de explosión latente.

Este ventilador centrífugo en línea BSQ, según las características que mencionaba su fabricante proporciona una mezcla de facilidad de instalación, manejo de aire, eficiencia, simplicidad en la operación, y bajos niveles de sonido. Es un equipo compacto, para aplicaciones de aire en interiores (utilizado para extraer, descargar, retornar o manejar en diversas situaciones caudales de aire), tomando en cuenta el espacio como principal consideración.

El valor de su instalación es muy conveniente, ya que su carcasa es cuadrada y no se requerirá de ductos metálicos con cambios de sección transversal. Las medidas de la caja, y disposición de la corriente de aire también proporciona al sistema la facilidad de instalar el ventilador en cualquier configuración: horizontal, vertical o en ángulo.

Este ventilador es capaz de manejar hasta 996 Pa de caída de presión estática y 3.400 m^3/h (2000 ft^3/min) de volumen de aire. El ventilador es sometido a ensayos en laboratorio acreditado por A.M.C.A., y está

certificado con los sellos de funcionamiento de sonido y de aire de A.M.C.A. (Air Movement and Control Asociation). También posee la certificación eléctrica UL (Underwriters Laboratories), bajo estos ensayos y certificaciones se asegura que los equipos funcionen de la manera esperada durante mucho tiempo. Entonces, luego de la introducción del parámetro de caudal calculado y la presión estática efectiva en el sistema, el software dio la selección mostrada:

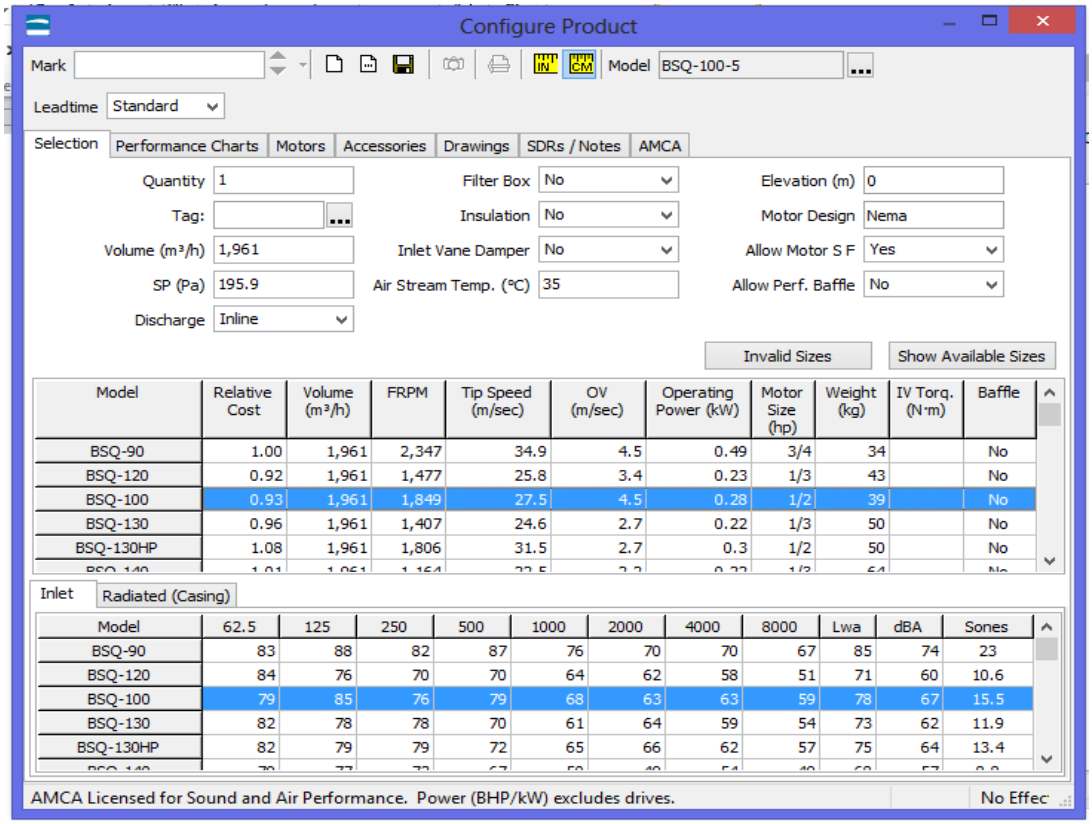


Figura 3.10 Selección del equipo de acuerdo al caudal y caida real de presión estática.
FUENTE: Software CAPS 2.6 Greenheck.

El equipo seleccionado, de igual forma tuvo para cada potencia de motor asociada una máxima velocidad de salida de la turbina, como se puede apreciar en las líneas del gráfico, continuas para la velocidad rotacional de la turbina y discontinuas para las potencias de los motores eléctricos que pueden ser acopladas al mismo.

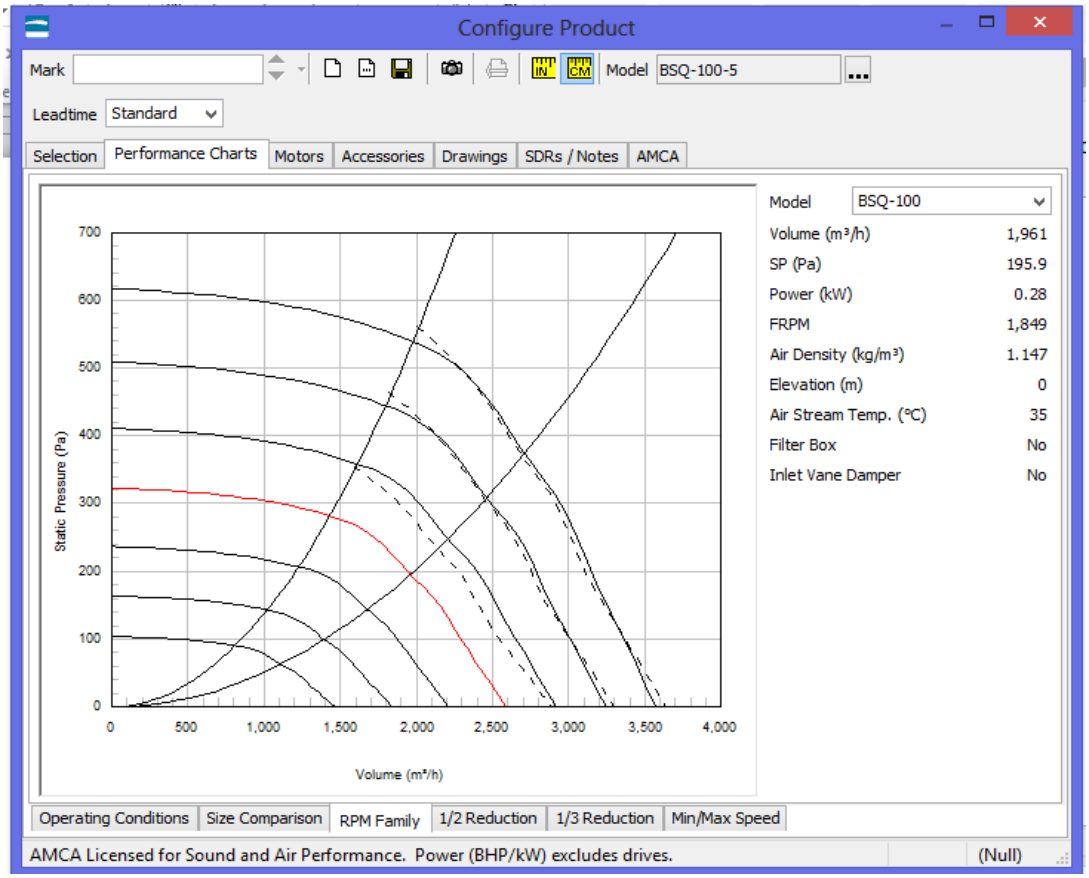


Figura 3.11 Curvas de operación del equipo posibles de acuerdo al caudal y resistencia.
FUENTE: Software Caps 2.6 Greenheck.

De igual forma, se obtuvo la gráfica de resistencia del sistema, de acuerdo a una comparación de varios ventiladores del mismo modelo, con diferentes capacidades de motor.

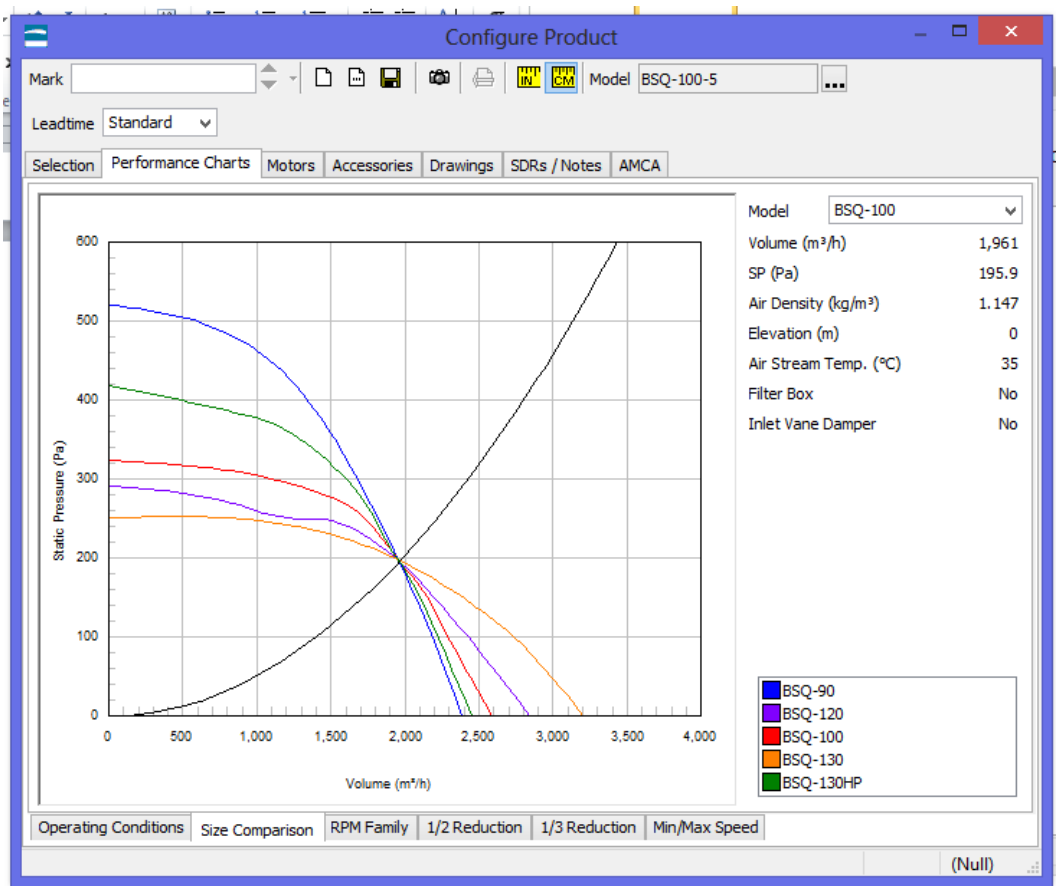


Figura 3.12 Curva de resistencia del sistema con ventiladores del mismo tipo y diferentes motores.
FUENTE: Software Caps 2.6 Greenheck.

3.1.2.5 Punto de operación real del equipo y ductos.

Se escogió el ventilador GREENHECK, modelo BSQ-100-5, motor 1/2HP, 1849 RPM y 67 dBA (15,5 Sones), 220V - 3 PH – 60Hz. Con estos datos y con base en la curva de este ventilador y la resistencia del sistema, se escogió el punto de operación real del sistema de ventilación:

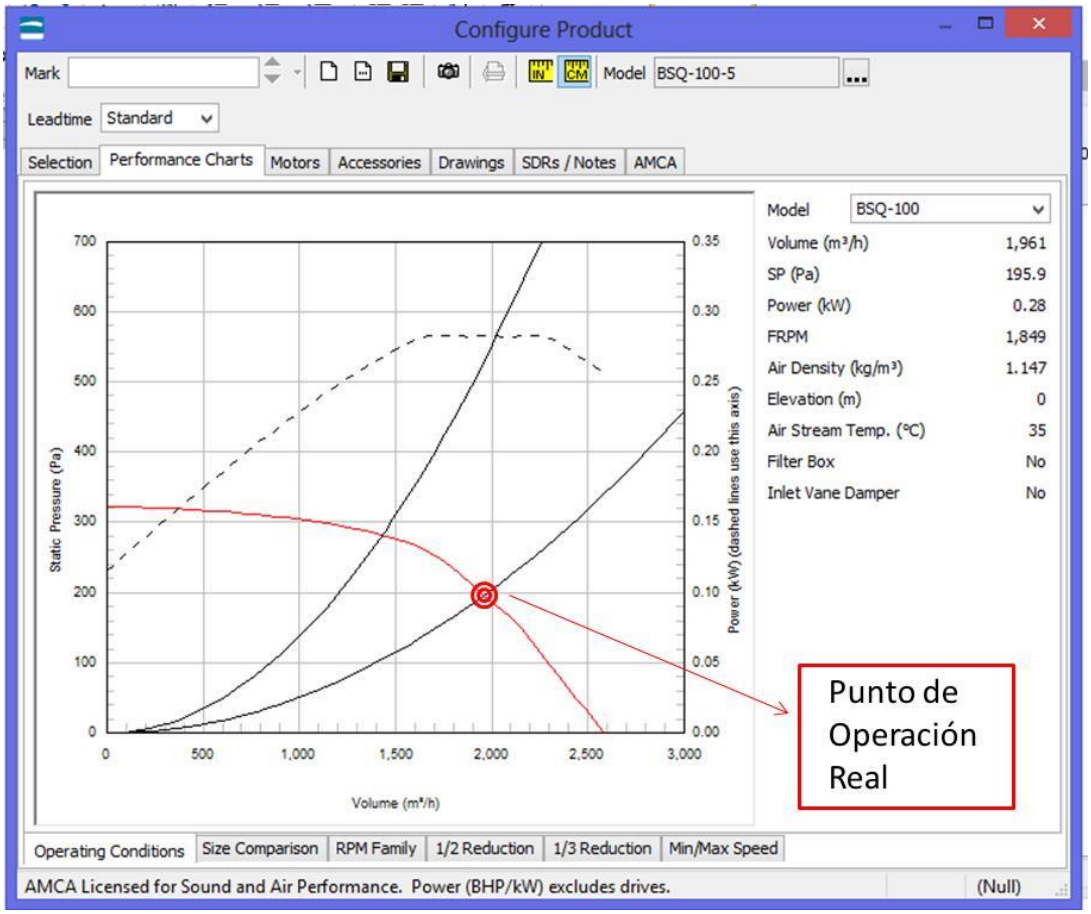


Figura 3.13. Punto de operación real del sistema.
FUENTE: Software Caps 2.6 Greenheck.

3.1.2.6 Materiales para soporte de ductos.

Los ductos del sistema diseñado, se recomendaron ser soportados de manera segura a los muros laterales o en su defecto a la cubierta del edificio, la entidad formada debe ser construida e instalada tomando en cuenta la vibración del sistema provocado por factores inherentes (funcionamiento del ventilador) o factores externos.

Los soportes de los ductos se diseñaron con láminas, placas, varillas roscadas, ángulos generalmente del mismo material de los ductos (acero galvanizado, inoxidable, aluminio) siguiendo los criterios S.M.A.C.N.A.

El soporte de los ductos, fue diseñado con sujeción a la cubierta del local, con ángulos y varillas roscadas, de acuerdo a la figura que se muestra:

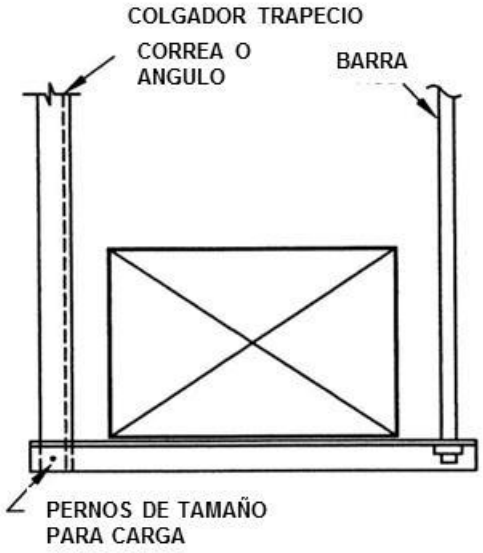


Figura 3.14 Esquema de soporte para ductos metálicos.
FUENTE: HVAC Estándar de Construcción de ductos 1995

Se calculó la carga de la cantidad de ductos del sistema. Se tomó en cuenta de acuerdo a la tabla 11, para ductos de hasta 762 mm de ancho, el calibre 24, el cual nos dio una lectura de carga por unidad de área de 5,64 Kg/m^2 (1,156 Lb/ft^2), con estos datos se procedió a obtener las áreas de las caras de cada tramo de ducto y transición, para conocer el peso en Kg.

Cuando se obtuvo el resultado total de carga, se multiplicó por un factor de seguridad de 1,25 que tenía en cuenta el peso de las rejillas del sistema de

extracción y el peso propio de las varillas y los ángulos a utilizar. Los resultados fueron:

TABLA 18. RESUMEN DE VALORES DE CARGA TOTAL DE DUCTOS.

Tramos	Ancho del ducto (m)	Alto del ducto (m)	longitud (m)	Área lateral (m^2)	Carga por área (Kg/m^2)	Carga Total (Kg)
1	0,254	0,127	2,00	1,52	5,64	8,60
2	0,254	0,127	2,20	1,68	5,64	9,45
3	0,254	0,127	2,00	1,52	5,64	8,60
4	0,254	0,127	2,20	1,68	5,64	9,45
5	0,254	0,127	1,50	1,14	5,64	6,45
6	0,254	0,178	2,20	1,90	5,64	10,72
6T	0,254	0,178	0,50	0,43	5,64	2,44
7	0,254	0,178	1,50	1,30	5,64	7,31
8	0,254	0,254	1,24	1,26	5,64	7,11
8T	0,254	0,254	0,50	0,51	5,64	2,87
9	0,254	0,127	2,00	1,52	5,64	8,60
10	0,254	0,127	2,20	1,68	5,64	9,45
11	0,254	0,127	2,00	1,52	5,64	8,60
12	0,254	0,127	2,20	1,68	5,64	9,45
13	0,254	0,127	1,50	1,14	5,64	6,45
14	0,254	0,178	6,25	5,40	5,64	30,46
14T	0,254	0,178	0,50	0,43	5,64	2,44
14C	0,254	0,178	0,71	0,61	5,64	3,46
14B	0,254	0,178	0,20	0,18	5,64	1,03
15	0,353	0,353	0,75	1,06	5,64	5,97
15T	0,353	0,353	0,50	0,71	5,64	3,98
						162,87

Se multiplicó este valor por el factor de seguridad y se asumió que la instalación de los ángulos con sus varillas roscadas era 2,4 m, con ello se obtuvo:

$$W = 162{,}87(1{,}25)/14$$

$$W = 14{,}5\,\text{Kg por soporte}$$

Cada juego de ángulos y varillas roscadas fue diseñado para soportar ese peso. Las tablas adjuntas nos muestran los valores y características de la selección:

TABLA 19. TAMAÑOS MÍNIMOS PARA COLGADORES DE DUCTOS.

TABLA 4-1M
COLGADORES DE DUCTO RECTANGULAR
TAMAÑO MÍNIMO

MEDIA MÁXIMA DEL PERÍMETRO DEL DUCTO	Par a 3 m de espacio		Par a 2,4 m de espacio		Par a 1,5 m de espacio		Par a 1,2 m de espacio	
	CORREA	ALAMBRE / BARRA	CORREA	ALAMBRE / BARRA	CORREA	ALAMBRE / BARRA	CORREA	ALAMBRE / BARRA
P/2 = 760	25,4 x 0,85	3,4	25,4 x 0,85	3,4	25,4 x 0,85	2,7	25,4 x 0,85	2,7
P/2 = 1830	25,4 x 1,31	9,5	25,4 x 1,00	6,4	25,4 x 0,85	6,4	25,4 x 0,85	6,4
P/2 = 2440	25,4 x 1,61	9,5	25,4 x 1,31	9,5	25,4 x 1,00	9,5	25,4 x 0,85	6,4
P/2 = 3050	38,1 x 1,61	12,7	25,4 x 1,61	9,5	25,4 x 1,31	9,5	25,4 x 1,00	6,4
P/2 = 4270	38,1 x 1,61	12,7	38,1 x 1,61	12,7	25,4 x 1,61	9,5	25,4 x 1,31	9,5
P/2 = 4880	No Determinado	12,7	38,1 x 1,61	12,7	25,4 x 1,61	9,5	25,4 x 1,61	9,5
P/2 = Más	ANALISIS ESPECIAL REQUERIDO							

CUANDO LAS CORREAS ESTÁN UNIDAS EN UN TRASLAPE UTILICE MÍNIMO ESTOS SUJETADORES:	CARGA MÁXIMA PERMITIDA DE COLGADOR INDIVIDUAL	
	CORREA	ALAMBRE / BARRA (Diámetro)
25,4 x 1,31 - 1,00 - 0,85 mm - un perno 6,4	25,4 x 0,85 - 118 Kg	2,7 - 36 Kg
25,4 x 1,61 mm - dos pernos 6,4	25,4 x 1,00 - 145 Kg	3,4 - 54 Kg
38,1 x 1,61 mm - dos pernos 9,5	25,4 x 1,31 - 191 Kg	4,1 - 73 Kg
Dos pernos deben estar en serie, no de lado a lado	25,4 x 1,61 - 318 Kg	6,4 - 122 Kg
	38,1 x 1,61 - 500 Kg	9,5 - 308 Kg
		12,7 - 567 Kg
		15,9 - 907 Kg
		19,1 - 1360 Kg

FUENTE: HVAC Estándar de Construcción de ductos 1995

El tamaño del ducto máximo fue de 254 mm. Con este valor de la mitad del perímetro, P/2 = 508 mm. Con pares de colgadores a 2,4m de separación, el tamaño de la varilla roscada (ROD) fue de 6,4 mm de diámetro

(1/4”). Este tamaño de varilla tiene una resistencia de 73 Kg, con lo que aseguramos que no falle por tensión. También se seleccionaron los ángulos para soportar el ducto. Tenemos la siguiente tabla de selección:

TABLA 20. TAMAÑOS ADMISIBLES PARA BARRAS TRAPEZOIDALES.

TABLA 4-3M CARGA ADMISIBLE EN KILOGRAMOS PARA BARRAS TRAPEZOIDALES												
	DIMENSIONES DE LAS PATAS IGUALES / ANGULOS EN MILÍMETROS											
Longitud	25,4 x 1,61	25,4 x 3,2	38,1 x 1,61	38,1 x 3,2	38,1 x 4,8	38,1 x 6,4 o 51 x 3,2	51 x 6,4	51 x 3,8	63,5 x 4,8	63,5 x 6,4	76 x 6,4	102 x 6,4
450	36	68	81	159	231	295	426	558	680	889		
600	34	68	81	159	231	295	426	558	680	889		
760	32	68	81	159	231	295	426	558	680	889		
900	27	59	72	154	227	281	417	549	671	880		
1060	18	50	63	145	218	277	408	540	667	875		
1220	-	36	50	132	204	263	395	526	653	862		
1370	-	-	-	113	181	245	381	508	635	844		
1520	-	-	-	86	159	222	354	480	608	816		
1670	-	-	-	45	86	181	318	444	571	780		
1830	-	-	-	-	-	145	281	408	535	744		
2010	-	-	-	-	-	95	227	358	485	694		
2130	-	-	-	-	-	-	454	299	426	635	1048	2123
2440	-	-	-	-	-	-	-	145	272	480	894	1969
2740	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1139	3284
3050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	553	2699
3350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1973
3660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1098

FUENTE: HVAC Estándar de Construcción de ductos 1995

El espacio del ducto de mayor tamaño es 254, a cada lado del ducto se tomó una distancia libre para la instalación de cada varilla roscada, con lo que la longitud del ángulo fue de 500 mm. La tabla nos indica que para una longitud de 600 mm, el ángulo de 25,4mm x 25,4mm

x 3,2mm (1” x 1” x 3/8”), soportará una carga de 68 Kg, con esto también se aseguró la resistencia al peso de los ductos.

3.1.3 Rejillas y otras tomas de aire fresco.

Debido a la extracción de los equipos dentro del cuarto de carga de baterías, para el local se diseñó un banco de rejillas o louvers para permitir el paso del aire exterior nuevo hacia el cuarto de carga.

Se asumió que para generar un bajo valor de ruido en las cercanías de la renovación, fue necesaria una velocidad de renovación de 1 m/s. Con este dato y con el caudal de ventilación, 1.961,5 m3/h, se calculó el área de las rejillas:

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

$$A = \frac{1.961{,}5 m^3/h}{1 m/s \text{ x } 3.600 s/h} = 0{,}544 m^2$$

El área de extracción quedó ubicada en la pared que da al exterior, en la parte inferior, con esto se aseguró la ventilación de las baterías. Luego se hizo la selección de las rejillas de toma de aire fresco o louvers, tomando en consideración la

referencia de A.M.C.A. en cuanto al calibre de las rejillas, según lo muestra el gráfico:

TABLA 21. CALIBRES RECOMENDADOS PARA LOUVERS O REJILLAS DE TOMA DE AIRE FRESCO SEGÚN EL MATERIAL.

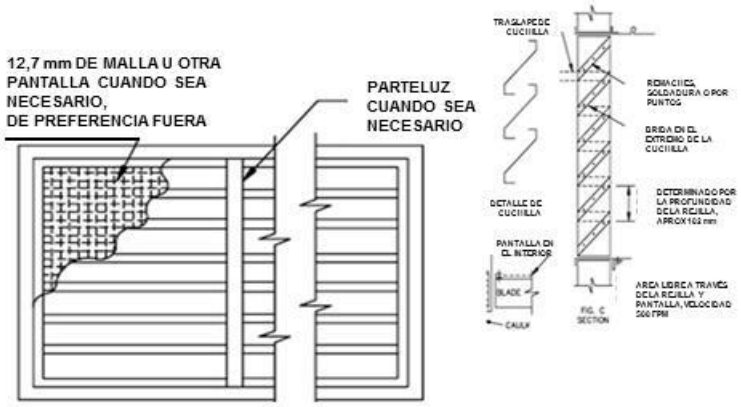


FIG A.
MASILLA ALREDEDOR DEL PERÍMETRO DE LA REJILLA Y EN LA ABERTURA DE LA PARED

LISTA
CUCHILLAS Y MARCOS

ANCHO	GALVANIZADO	INOXIDABLE	ALUMINIO	COBRE
HASTA 610 mm	0.70 mm	0.61 mm	1.02 mm	0.45 mm
635 A 914 mm	1.00 mm	0.80 mm	1.02 mm	0.57 mm
940 A 1219 mm	1.31 mm	0.95 mm	1.60 mm	0.57 mm
1245 A 1524 mm	1.61 mm	1.27 mm	1.60 mm	0.68 mm
1548 mm	MÚLTIPLES SECCIONES DE ARRIBA			

FUENTE: HVAC Estándar de Construcción de ductos 1995

El proveedor Greencheck, proporcionó modelos recomendados de rejillas de toma para la renovación de aire, según el gráfico que se muestra a continuación:

Figura 3.15 Louver de acero galvanizado.
FUENTE:
http://www.greenheck.com/es/products/louvers/fabricated.php

Con el área obtenida, 0,544 m^2, tomando en cuenta una altura de 304,8 mm (12" medida comercial), se calculó el largo del banco de louvers:

$$A = a \times b$$

$$b = \frac{A}{a} = \frac{0,544}{0,3048} = 1,78\,m$$

La longitud de los louvers fue mínimo de 1,78 m para obtener la renovación esperada. Esto se logró colocando varios en serie hasta obtener la longitud requerida.

3.2 Equipos para monitoreo de ambiente.

Ciertas herramientas son necesarias o indispensables para trabajos de rutina en un cuarto de carga de baterías. A continuación se

detallan los instrumentos requeridos para trabajos en el área, fueron escogidos de acuerdo a criticidad.

Detector de Hidrógeno: Monitorea el hidrógeno emitido por las baterías en el período de gasificación durante la carga y proporciona la advertencia para la aplicar ventilación antes de alcanzar peligrosos niveles de explosividad (de conformidad con las recomendaciones de la National Fire Protection Agency N.F.P.A.).

Figura 3.16. Detector de hidrógeno.
FUENTE: **http://industrial-surplus.com/popup_image.php?pID=4254&osCsid=28204fec6793cab34577eb6010b01556**

Hidrómetro: Este dispositivo mide de forma rápida y precisa la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito. Se requiere comprobar correctamente la carga completa y el nivel de descarga. La tabla siguiente debe utilizarse junto al Hidrómetro, para tener la referencia correcta de los niveles de carga en las baterías:

Figura 3.17 Hidrómetro.
FUENTE: Catálogo EnerSys - Accesorios para celdas – Publicación No. US-FL-ACC-001 Diciembre 2008

TABLA 22. VALORES DE GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA DETERMINAR EL GRADO DE CARGA O DESCARGA DE LAS BATERÍAS.

Tipo de Celda	*Totalmente Cargada*	*80% Descargada **	*100% Descargada **
E-55L	**1,315**	**1,160**	**1,120**
E-75L	**1,315**	**1,160**	**1,120**
E-75	**1,280**	**1,160**	**1,130**
E-460	**1,280**	**1,140**	**1,105**
E-85	**1,280**	**1,150**	**1,120**
E-85D	**1,280**	**1,140**	**1,110**
E-100	**1,315**	**1,155**	**1,115**
E-100X	**1,280**	**1,130**	**1,090**
E-110	**1,315**	**1,155**	**1,115**
E-100D	**1,280**	**1,145**	**1,115**
E-125	**1,280**	**1,140**	**1,105**
E-125D	**1,280**	**1,130**	**1,100**
E-140	**1,280**	**1,140**	**1,105**
E-140X	**1,280**	**1,140**	**1,105**
E-155	1,315	1,150	1,100

*** Estos valores son para una descarga a una tasa de 6 horas, leer inmediatamente al completar la descarga y corregir a 77°F**

FUENTE: Catálogo EnerSys – Sección 28.00

Termómetro: Toma la temperatura interna de cada celda de la batería. Asegura un método de lectura rápida y verifica que la temperatura de la celda no supere los 43°C (110°F).

Figura 3.18 Termómetro.
FUENTE: Catálogo EnerSys - Accesorios para celdas – Publicación No. US-FL-ACC-001 Diciembre 2008

Sistemas para inyección de agua: Este sistema cuenta con un tanque de agua a presión que indica de acuerdo a esta la capacidad de agua presente en el reservorio, está conectado a una pistola especial que llena de líquido las cubas de las baterías. La pistola opera fuera de la celda y no tiene cierre automático. La boquilla inyecta agua a través de la parte superior de la celda de carga.

Figura 3.19 Sistema de riego de agua
FUENTE: Catálogo EnerSys – Pro Series – Sistemas de riego y accesorios

Limpiador / Neutralizador: Es una solución pre – mezclada en un spray que neutraliza los derrames de ácido en la zona cercana a los tapones de ventilación de la batería, además de limpiarla y desinfectarla. El líquido tiene la propiedad de cambiar de rojo a

amarillo cuando hay la indicación positiva de que cualquier ácido corrosivo ha sido neutralizado.

Figura 3.20 Limpiador de batería.
FUENTE: Catálogo EnerSys –Soluciones de Seguridad y Medio Ambiente

Kit de mantenimiento, paños para limpieza y kit para derrames: Estos productos ayudan a mantener una limpieza óptima de la batería y brindan ayuda en caso de emergencia para derrames de electrolito, cumplen con los requisitos de OSHA 1910.178.

Figura 3.21 Kit para derrames en caso de precipitación de ácido.
FUENTE: Catálogo 3M – Absorbentes Industriales.

3.3 Instrumentos de seguridad.

Es necesario considerar los equipos de protección personal apropiados para el manejo de las operaciones en el cuarto de carga. Importante anotar que se ha considerado una evaluación de peligros y riesgos en dependencias similares y que se basa en los siguientes puntos a considerar: riesgos para el sistema respiratorio, riesgos para la piel, riesgos para el sistema ocular, riesgos de incendio y por ende quemaduras en el trabajador y riesgos de impacto, compresión y quemadura en los pies.

Riesgos respiratorios: los principales contaminantes que se encuentran son de tipo gaseoso y neblinas por presencia de gases ácidos (sulfurosos) con afectación que puede ser aguda o crónica para las vías respiratorias superiores y bronquiales y de polvos y partículas por plomo con grave afectación especialmente crónica a los huesos, sistemas musculares y hematológicos. Por ello, se escogió la utilización de mascarillas full face con filtros para gases ácidos inorgánicos y vapores orgánicos. Se recurrió a un catálogo de selección de la marca 3M, este proveedor nos sugirió el respirador de cara completa de la serie 6000 complementado con el cartucho químico 3M de la serie 6000 para la retención del material particulado con alta eficiencia.

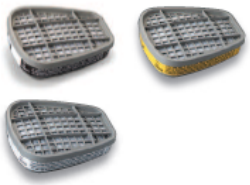
La opción de la mascarilla cara completa fue la más apropiada, pues debe dar una protección segura y una forma rápida de colocación en el rostro.

Figura 3.22. Respirador reutilizable de pieza facial de cara completa 3m serie 6000.
FUENTE: Catálogo 3M - Salud Ocupacional y Seguridad Ambiental Respiradores Reutilizables 3M

Además, se seleccionó el cartucho para la mascarilla que de la protección respectiva de acuerdo al tipo de fluido. La siguiente tabla muestra los tipos de aplicaciones comunes y el medio de exposición.

TABLA 23. APLICACIONES COMUNES Y MEDIOS DE EXPOSICIÓN PARA SELECCIÓN DE FILTRO APROPIADO.

Cartuchos químicos 3M™ Serie 6000



- El diseño de bajo perfil ayuda a mantener un buen campo de visión
- Gran variedad de cartuchos para satisfacer sus necesidades

6001		Cartucho, vapor orgánico
6002		Cartucho, gas ácido**
6003		Cartucho, vapor orgánico/gas ácido**
6004		Cartucho, amoniaco/metilamina
6005		Cartucho, formaldehído/vapor orgánic
6006		Cartucho, multi-gas/vapor**
6009		Cartucho, vapor de mercurio o cloro

FUENTE: Catálogo 3M - Salud Ocupacional y Seguridad Ambiental Respiradores Reutilizables 3M

Para aplicaciones de gas ácido se seleccionó la opción del cartucho especificación 6002 ó 6003.

Protección de ojos: A fin de proteger no sólo la vista sino la cara de posibles salpicaduras ácidas o de neblinas de plomo que podrían derivarse en severas quemaduras y cegueras parciales o definitivas además de irritaciones crónicas se escogió la mascarilla full face descrita en la sección anterior de protección respiratoria que también nos cubre este riesgo por hermetizar toda la cara.

Trajes: Los trajes contemplan las posibilidades de salpicaduras ácidas con efectos agudos de laceración y quemaduras por el ácido sulfúrico tanto a nivel del cuerpo como de las manos. El plomo al no tener absorción cutánea, es indeseable pero no tóxico. Se consideró en este caso la selección del traje adecuado con la marca Dupont, el modelo escogido fue el Tychem QC127B que protege contra salpicaduras de ácidos o bases. Su material es una mezcla de tela Tyvek con una capa de polietileno de alta resistencia a la permeación, que en el caso del ácido sulfúrico es superior a los 480 minutos. Ergonómicamente es muy ligero y fresco. El color amarillo da la ventaja de alta visibilidad.

Figura 3.23. Traje DuPont para protección contra salpicaduras.
FUENTE: Catálogo DuPont – Tychem QC

Para las manos, se escogieron los guantes de PVC Ansell Petroflex 12-214. Se recomiendó el PVC contra el neopreno por tener mejor resistencia al rasgado y deterioro por manipular envases u objetos con filos cortantes. Además su resistencia a la permeación del ácido es excelente.

Figura 3.24. Guantes de PVC para protección de manos.
FUENTE: Catálogo DuPont – Tychem QC

Duchas de seguridad y fuentes lava ojos: Son dispositivos de emergencia a utilizar si suceden proyecciones, derrames o salpicaduras de productos químicos (en este caso ácido sulfúrico) sobre los operadores, pudiendo ocasionar contaminación o quemadura química. Proveen de agua potable a temperatura ambiente para que funcionen correctamente, además es importante un correcto mantenimiento y darle el uso adecuado por parte del personal.

El tener este dispositivo, no deslinda la responsabilidad de cumplir con las medidas de protección básicas o las buenas prácticas, como son:

- Impedir el ingreso al área a personal no autorizado.
- Calzado cerrado, con protección para casos de contacto con sustancias peligrosas u otro tipo de riesgos (eléctrico, caída de objetos, temperatura, suelos resbaladizos, etc.).
- Guantes adecuados a las tareas realizadas y los productos manipulados.
- Permisos de trabajo cuando se realicen modificaciones especiales dentro del área y que requieran supervisión por las autoridades competentes.

Figura 3.25 Ducha y fuente lava ojos.
FUENTE: Servicio de prevención y medio ambiente – Equipos de emergencia en Laboratorios – Universidad de Castila – La Mancha

Las duchas deben suministrar la cantidad adecuada de agua para poder cubrir el cuerpo de una persona, en el caso de duchas, o enjuagar toda el área de la cara, en especial los ojos, en el caso de lavaojos. El valor óptimo de cobertura sugerido fue 110 litros por minuto en un lapso de 15 minutos y el diámetro de la tubería de agua se seleccionó al menos de 1 pulgada.

La forma de operar debe permitir que la apertura/cierre del sistema sea lo más amigable posible, es común la utilización de una barra vertical con un mango en forma de triángulo para un fácil agarre y descarga de agua. En el caso de los lavaojos, los actuadores

manejados por el pie o las rodillas son los más adecuados para tener las manos libres y ayudar al lavado de los ojos.

Para una óptima cobertura, la ducha debe tener un diámetro suficiente que permita distribuir el chorro del agua en un radio suficiente, los orificios de la ducha deben ser grandes para permitir la salida fácil del agua, la acumulación de sedimentos en agujeros muy pequeños puede ocasionar que se tapen. La opción de tuberías y estructura de acero inoxidable es la primera opción para evitar estos problemas.

Para garantizar un correcto lavado de los ojos, la aplicación del agua fue seleccionada en un tiempo entre 10 a 20 minutos. El lugar debe contener un sistema de drenaje para evacuar los desperdicios, caso contrario, existe el riesgo de caídas a nivel que podría ocasionar daños a los operadores.

La distancia máxima para ubicación de las duchas a los puestos de trabajo fue escogida máximo 10m, si alguna emergencia sucede, se podrá estar en la ducha o lavaojos en el menor tiempo posible. En este caso se dispuso la ubicación de 2 lavaojos cercanos a cada puerta principal de ingreso, el espacio existente entre las salidas y

las puertas de emergencia permite el manejo adecuado sin impedir el paso por esto sectores.

El área de instalación de las duchas y lavaojos debe estar en sitios despejados que no compartan instalaciones de otro tipo, como canaletas eléctricas, instalaciones de aire comprimido, sistemas de vapor, etc. Debe coordinarse que la línea de agua de alimentación sea independiente de otros procesos de la planta. En caso de falta de suministro de agua, se deberá comunicar el particular al mecánico o Jefe de Servicios Industriales encargado.

La instalación de sistemas de alarmas o luces de aviso son recomendables para poner al corriente a otros trabajadores que alguna situación de emergencia se está dando y se proporcione el auxilio inmediato al afectado.

CAPÍTULO 4

4. COSTOS PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

4.1 Sistema de extracción.

Para el sistema de extracción dentro del cuarto se solicitó cotización con a un contratista especializado en diseño y construcción de equipos de ventilación, se obtuvo finalmente los valores mostrados:

TABLA 24. CUADRO DE VALORES POR SISTEMA DE EXTRACCIÓN.

Descripción	Cant.	Precio unitario	Total
Ventilador Greenheck, BSQ-100-5, 1300 cfm, 0.8" SP, motor 1/2 HP, 208/3/60, 1849 FRPM	1,00 un	$ 1.158,41	$ 1.158,41
Filtro de cerdas para ventilador	3,00 un	$ 34,29	$ 102,87
Arrancador para ventilador	1,00 un	$ 271,43	$ 271,43
Instalación de arrancador	1,00	$ 11,81	$ 11,81

	un		
Instalación de filtro	3,00 un	$ 17,15	$ 51,46
Instalación de ventilador	1,00 un	$ 271,43	$ 271,43
		Subtotal	**$ 1.867,41**
		IVA	**$ 224,09**
		Total	**$ 2.091,50**

4.2 Estructuras soporte de equipo y ductos.

De igual manera, el contratista de ventilación dio los valores de la parte estructural que soportarán los ductos y los equipos de ventilación, los siguientes rubros muestran lo cotizado:

TABLA 25. CUADRO DE VALORES PARA ESTRUCTURAS SOPORTE DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN Y DUCTOS.

Descripción	Cant.	Precio unitario	Total
Fabricación e instalación de ductos de acero galvanizado sin aislar	272 kg	$ 3,55	$ 965,60
Fabricación e instalación de cajas de acero galvanizado sin aislar	18,84 kg	$ 4,29	$ 80,82
Rejillas de extracción 6” x 6”	16,00 un	$ 13,65	$ 218,40
Louver Greenheck 12” x 12” x 1,78 m	1,00 un	$ 89,81	$ 89,81
Base para ventilador	1,00 un	$ 154,29	$ 154,29
Materiales para soportes de ductos	1,00 un	$ 74,06	$ 74,06
Instalación de rejillas	17,00 un	$ 25,72	$ 437,24
		Subtotal	**$ 2.020,22**
		IVA	**$ 242,43**
		Total	**$ 2.262,65**

4.3 Equipos para monitoreo de ambiente.

TABLA 26. CUADRO DE VALORES PARA INSTRUMENTOS DE MANTENIMIENTO.

Descripción	Can-tidad	Precio unitario	Total
Hydrogen Detector (Detector de hidrógeno)	1,00 un	$ 873,00	$ 873,00
Hydrometer (Densímetro)	1,00 un	$ 40,00	$ 40,00
Thermometer (Termómetro)	1,00 un	$ 22,50	$ 22,50
Battery Irrigation System for 24V 36"x11,66" (Llenado de agua)	1,00 un	$ 179,75	$ 179,75
Battery Irrigation System for 36V 38,33"x17,75" (Llenado de agua)	1,00 un	$ 263,00	$ 263,00
10 Gal Bladder Tank (Tanque almacenamiento de agua)	1,00 un	$ 958,00	$ 958,00
Watering Gun (Pistola para adición de agua)	1,00 un	$ 112,00	$ 112,00
15 Gal Emergency Containment Spill Kit (Kit anti derrames 15 gal)	1,00 un	$ 459,30	$ 459,30
30 Gal Emergency Containment Spill Kit (Kit anti derrames 30 gal)	1,00 un	$ 613,00	$ 613,00
		Subtotal	**$ 3.520,55**
		IVA	**$ 422,47**
		Total	**$ 3.943,02**

4.4 Instrumentos de seguridad.

Para la protección respiratoria, el kit de protección completo que incluye la mascarilla Full Face 6800 más los filtros 6003 (2), los discos 2091 P100 (2) y los retenedores 502 (2) tuvieron un costo de $134,00 + IVA = $ 150,08**.**

En cuanto a los riesgos para la piel, se indicó que las salpicaduras ácidas con efectos agudos de quemaduras necesitaban la selección del traje Dupont Tychem QC127B para la protección del cuerpo. En el caso de las manos, los guantes de PVC Ansell Petroflex 12-214. El precio de cada traje fue de $ 23,88 + IVA = $ 26,75 y de los guantes fue de $ 5,20 + IVA = $ 5,83.

Para la protección de los pies, el uso de botas de caucho con puntas de acero fueron las recomendadas. Las botas Workman amarillas con punta de acero son las que se seleccionaron cuyo precio fue de $ 27,46 + IVA = $ 30,75.

Adicional a la protección contra salpicaduras, donde se recomendó el traje Dupont y los guantes de PVC Ansell, pueden existir riesgos asociados a la presencia de fuego y quemaduras a la piel, de ahí que la posibilidad de usar ropa retardante al fuego por el riesgo de explosión e incendio se podría tomar en cuenta. Este tipo de traje en marca Chicago Protective Indura Ultrasoft 605 USN, posee las certificaciones NFPA 70E y ASTM D1500. Su precio fue de $ 130,00 + IVA = $145,60. Este traje tendría que ser complementado con

delantal de neopreno marca Climax Español certificado, su precio fue de $ 13.21 + IVA = $14,80.

En el siguiente cuadro, se muestra la inversión a realizar por el lado de equipos de protección personal:

TABLA 27. CUADRO DE VALORES POR EQUIPOS Y ACCESORIOS DE SEGURIDAD.

Descripción	Cant.	Precio unitario	Total
Kit completo de protección respiratoria 3M	4 un	$ 134,00	$ 536,00
Traje DuPont Tychem modelo QC127B	4 un	$ 23,88	$ 95,52
Guantes de PVC Ansell Petroflex (par)	4 un	$ 5,21	$ 20,84
Botas Workman con punta de acero (par)	4 un	$ 27,46	$ 109,84
Traje retardante Chicago Protective Indura Ultrasoft 605 USN	4 un	$ 130,00	$ 520,00
Delantal de neopreno marca Climax Español	4 un	$ 13,21	$ 52,84
		Subtotal	**$ 1.335,04**
		IVA	**$ 160,20**
		Total	**$ 1.495,24**

Resumiendo los valores de cada campo relacionado, se muestra finalmente el valor global de inversión a realizar en este proyecto:

TABLA 28. CUADRO DE VALORES DEL MONTO DE INVERSIÓN DEL PROYECTO TOTAL.

Descripción	Cant.	Precio unitario	Total
Sistema de extracción	1,00 un	$ 1.867,41	$ 1.867,41
Estructuras soporte de equipo y ductos	1,00 un	$ 2.020,22	$ 2.020,22

Equipos para monitoreo de ambiente	1,00 un	$ 3.520,55	$ 3.520,55
Instrumentos de seguridad	1,00 un	$ 1.335,04	$ 1.335,04
		Subtotal	**$ 8.743,22**
		IVA	**$ 1.049,19**
		Total	**$ 9.792,41**

Además se diseñó un diagrama de Gantt, con las fechas tentativas de avance del proyecto para su ejecución y finalización, consta en los anexos.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

1. Los locales de carga de baterías para montacargas eléctricos son instalaciones que, en la mayoría de fábricas, no cumplen con reglamentaciones claras que definan cuáles son sus requerimientos mínimos para alcanzar un óptimo funcionamiento y consigan altos niveles de seguridad. De igual forma no toman en cuenta otros criterios tales como gestión de desechos, diseño higiénico, entrenamiento del personal, planes de emergencia en caso de incidentes, etc. A través de este Proyecto de Graduación, se pudo encontrar el diseño más adecuado que deberá ser tomado en cuenta

para lograr un espacio de trabajo funcional, que logre su objetivo de proveer equipos actuando al 100% de su capacidad para las operaciones de fábrica y que los trabajadores (ya sean operadores de montacargas o técnicos de mantenimiento) puedan ejecutar todas sus tareas comprendiendo las implicaciones que puedan ocasionar el cometer actos sub estándar al trabajar dentro del área de carga de baterías, las consecuencias en la reducción de vida útil de los equipos, los efectos de un mal manejo medio ambiental y las pérdidas económicas asociadas por el mal uso de los activos de fábrica.

2. La utilización de un apropiado sistema de ventilación forzada, con la suficiente renovación de aire fresco del exterior, garantizará que haya dentro del área de carga de baterías un sitio con una renovación de aire constante, que mantenga los niveles de rango de explosividad por debajo de lo permitido. Debido a que la fábrica opera de acuerdo a un valor estimado de producción y al fenómeno de estacionalidad, la mayor tasa de producción se concentra en la segunda parte del año (de Septiembre a Diciembre), por ello en la denominada “época baja” no será necesario funcionar con todos los cargadores en simultáneo. De acuerdo a las toneladas producidas, entre Enero y Agosto se trabajará con el 60% de los equipos y en el resto del año al 100%.

Aun así, el sistema de ventilación se diseñó con la condición más restrictiva.

3. La utilización de los equipos para monitoreo de ambiente en el cuarto de carga, representan una pequeña inversión, comparado al valor de las baterías, sin embargo conlleva grandes beneficios si se les da el uso apropiado de una manera responsable y profesional, puesto que, al cumplir las frecuencias de revisión establecidas y los monitoreos realizados a conciencia, se podrán maximizar el buen funcionamiento de las baterías, aumentar el tiempo de vida útil de los equipos y probablemente reducir el riesgo de incidentes y accidentes en el sitio de trabajo. Si bien es cierto, la palabra mantenimiento puede estar asociada a los técnicos o tecnólogos de la empresa, no solo debe ser responsabilidad de este personal, más bien los dueños de los equipos, que son los usuarios finales de los activos de la compañía, deben ser los primeros en tomar el control y mantenimiento de los equipos (con la debida capacitación). Si esto no sucede, se forma un círculo vicioso en el cual, el personal de mantenimiento inspecciona, arregla o repara los equipos, los operadores causan averías (por inobservancia o inoperancia) y los técnicos tienen que volver a reparar los equipos incrementando los costos de mantenimiento de la empresa.

4. Los equipos y accesorios de seguridad son vitales para la protección del personal que labora en el cuarto de carga. Se seleccionaron los principales elementos de protección personal que garantizan que, cada vez que se vaya a realizar operaciones de descenso de baterías, carga, llenado de agua, recarga de baterías, mantengan las condiciones de salud de las personas intactas. Este proceso de implementación en el uso de elementos de protección personal, empezará con charlas masivas al personal sobre el correcto uso de los EPP's y luego con la vigilancia y supervisión del personal de Mantenimiento, Seguridad Industrial y de Producción de la Fábrica. Este sin duda es un proceso cultural al cual hay que dedicar mucho tiempo, puesto que la gran mayoría de las personas no están familiarizadas con el término "Seguridad Industrial" y pueden interpretar como una pérdida de tiempo el uso de todos los instrumentos de protección requeridos al ingresar al área. Esto será mucho más importante cuando al sitio deban ingresar personas ajenas a las operaciones diarias, como contratistas o personal de otras empresas, el mismo tratamiento y con mayor estrictez deberá darse a estos grupos que en forma extraordinaria visiten esta área.

Recomendaciones.

1. Esta es una instalación nueva, por lo cual deberá diseñarse un plan de mantenimiento que contemple el monitoreo de los sistemas de ventilación, la limpieza en general del área, el chequeo del estado de carga de las baterías, el correcto estado de los equipos de protección personal del área y el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad tales como duchas, lavaojos y extintores. Deberá asignarse un presupuesto de mantenimiento normal, para todo lo que se considere el mantenimiento rutinario de los equipos y un presupuesto de mantenimiento extraordinario para aquellos trabajos que se vayan a ejecutar con motivo de mejoras o modificaciones que no son habituales, esto con el objetivo de tener los medios económicos suficientes para la realización de tareas que no son muy comunes, pero que en algún momento demandarán una suma de dinero considerable, que si no es tomada en cuenta, podría crear inconvenientes de recorte de gastos de mantenimiento en otros sitios de la fábrica.

2. El entrenamiento del personal es clave, se recomienda al departamento encargado de capacitación del personal, la preparación de entrenamientos a los colaboradores tanto del área operativa, del área técnica y contratistas para abarcar temas relacionados con

mantenimiento, seguridad industrial aplicada al manejo de baterías, uso adecuado en particular de los equipos y elementos de protección personal, utilización apropiada de los equipos de monitoreo, etc. Todo esto con la finalidad de que las personas que trabajen dentro del área conozcan los principios de funcionamiento de los sistemas existentes, sepan cómo actuar en caso de algún mal funcionamiento de los equipos y puedan dar soluciones rápidas si existe alguna anomalía sencilla al momento de trabajar.

3. Se deberá crear una matriz de responsabilidad tanto para los técnicos como para los operadores de los equipos, para hacer la entrega formal a cada persona que trabaje como “dueño” de un par cargador - batería. Estas personas serán encargadas de realizar el control, mediante check list de verificación, el buen funcionamiento de los equipos existentes en el área. Es muy común que los técnicos de mantenimiento lleguen a un sitio donde opera una máquina, encuentre una anomalía y solicite información a los operadores de los equipos sobre el porqué de las fallas: la respuesta más obvia es: “no lo sé, yo llegué al turno y así estaba”. La existencia de una matriz de responsabilidad ayuda a que haya un flujo adecuado de la información en caso de inconvenientes. El control empieza por el operador, comunicando a su jefe de turno inmediato, pidiendo ayuda

al técnico de turno presente y si el problema es más complejo, gestionar con el jefe de mantenimiento el servicio de un tercero, para dar soluciones rápidas y asegurar la operatividad de los equipos. Recordar que, si los montacargas no funcionan al 100%, pueden ocurrir pérdidas de rendimiento en la línea de producción por paros no programados producto de una inadecuada gestión del control y mantenimiento, que no es cuestión de la parte técnica solamente, sino de operadores, técnicos, supervisores de producción, jefes de mantenimiento, etc.

4. También se recomienda la creación de un sistema de gestión para el monitoreo y control de indicadores claves de proceso (como incidentes o accidentes dentro del área, el consumo de energía eléctrica, consumo de agua, concentración de gases en el ambiente, paros técnicos asociados a montacargas no disponibles, etc.). Estos indicadores claves de proceso deberán estar relacionados a otros indicadores de mayor nivel como el cumplimiento del plan de producción y el rendimiento de la línea y a su vez con las prioridades que defina la fábrica para no monitorear indicadores que no estén asociados a los requerimientos del negocio. El sistema de gestión comprenderá el llenado de los KPI’s indicados anteriormente en un sitio de información cercano al área, la revisión de estos indicadores

mediante reuniones operacionales jerárquicas (entre conductores de montacargas, en cada cambio de turno por ejemplo, o entre supervisores de producción, seguridad y mantenimiento diariamente), donde se revisarán las novedades del turno precedente y en caso de existir algún indicador “en rojo”, generar el respectivo plan de acción para darle solución al inconveniente presentado. Otra sugerencia es que, si no existe la solución a nivel operativo de los problemas, se escalen a los mandos medios o a personas que tengan los recursos y el poder de toma de decisiones para encontrar la solución a los planes de acción definidos en las reuniones. Si los planes de acción acordados no son los adecuados, o no atacan la raíz de los problemas, deberá formarse un equipo multidisciplinario que utilice alguna metodología que determine la causa raíz de estos eventos y llegar a las soluciones definitivas con los métodos de control adecuados. De esta manera se asegurará que los indicadores claves de este proceso se mantengan siempre “en verde” y no tengan implicaciones negativas en otros procesos de fábrica.

5. Se recomienda a los departamentos de Producción, Técnico y Seguridad Industrial la creación de una matriz de riesgos, con las actividades que ejecuten tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento, donde se incluyan en forma detallada, todos los pasos

a seguir al momento de ingresar con los montacargas al área de carga. Para cada actividad, se definirá el riesgo potencial, (manejo de cargas pesadas, caídas a nivel, electrocución, etc.), la consecuencia potencial asociada a cada riesgo identificado (lesiones a nivel lumbar, fracturas, quemaduras de tercer grado, muerte, etc.) y los controles existentes para mitigar o reducir los peligros identificados (como el uso de dispositivos de elevación, utilizar zapatos con suelas antideslizantes, uso de botas y guantes dieléctricos, etc.). También la valoración del riesgo producto de que tan severo y probable un evento pueda ocurrir dentro del área y qué controles adicionales haya que definir en caso que exista un riesgo residual, estableciendo roles y responsabilidades de cada individuo para el cumplimiento de las medidas que indique esta matriz de riesgos.

6. Para los casos en los que se requieran ejecutar trabajos no rutinarios ya sea por parte de colaboradores o técnicos, se deberán realizar las respectivas evaluaciones de riesgo de las actividades y estableciendo los permisos de trabajo necesarios validados por las autoridades del área. Si se involucra a personal de compañías contratistas que ingresen al sitio, se aplicará la validación de su afiliación al Seguro Social, recibir las charlas correspondientes de Seguridad Industrial, el Departamento Médico de la empresa deberá solicitar los respectivos

exámenes médicos para comprobar la aptitud de los trabajadores de la empresa contratista, realizar en conjunto y en el sitio el análisis y evaluación de los riesgos para los trabajos extraordinarios y la firma de los permisos de trabajos especiales (como trabajos en caliente, en altura o de tipo eléctrico), con el cumplimiento de los controles especiales que se obtengan en el análisis.

7. De igual manera, se recomienda que se cree una matriz de aspectos e impactos ambientales para las labores rutinarias de limpieza, mantenimiento y en general todas en las que como resultado se obtenga un desperdicio o se genere una afectación hacia el medio ambiente, como contaminación al suelo, contaminación al agua, contaminación por ruido, etc. La misma consideración aplicará para los trabajos de tipo extraordinario.

8. Al ser esta una fábrica de producción de alimentos de consumo masivo, hay que procurar las buenas prácticas de fabricación. Uno de los criterios de diseño higiénico como directriz de la compañía señala que la zonificación es un método para evitar contaminación cruzada entre las diversas áreas de fábrica que manejan distintos tipos de limpieza. Esto quiere decir que, para cada área de trabajo o zona de producción de la fábrica, los instrumentos, utensilios, herramientas y

equipos deben estar identificados, tener codificación por colores, ser desinfectados antes de ingresar a un área determinada y, lo más importante, permanecer siempre en las áreas de acuerdo al criterio de zonificación establecido. Partiendo de esta premisa, los equipos y herramientas de protección personal del área de carga de baterías no podrán bajo ningún concepto ser utilizados en otra área que no sea esta, el uso de los EPP's en áreas de fabricación o almacenamiento de materias primas por ejemplo, podría causar la contaminación de compuestos sensibles como azúcar, harina, grasas, materiales de empaque, etc. que serán el producto terminado luego de un proceso de transformación o tener contacto con el mismo con la consecuente afectación negativa, tanto en sus propiedades organolépticas como en los resultados de análisis microbiológicos previos a liberación, esto seguramente ocasionará pérdidas en la línea de producción por el aumento en la generación de desperdicio. Los elementos de protección personal deberán estar almacenados en un armario e inspeccionados por el departamento de seguridad (sobre su estado, para una posible sustitución por obsolescencia) y por el departamento de producción y mantenimiento (para constatar que las cantidades suministradas se mantengan siempre en el lugar).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especificaciones de diseño para baterías Ironclad tubulares y planas, con los cargadores correspondientes.

FUENTE:

EnerSys Sección 20.02:

24 VOLT-12 CELL

Stand-up Rider and Narrow Aisle Truck Layouts

Plates Per Cell	Plate Type	(3) Standard Dimensions and Catalog Numbers N/C-(W/C)			Cell Type	Height in Inches	Capacity 8 Hr. Rate		Approx Weight (2)	Recommended Chargers		
		Length x Width	Length x Width	Length x Width								
		38.00" x 11.88"	30.88" x 12.74"	26.88" x 16.82"	(1)	N/C - W/C	A.H.	KWH	Pounds	Three Phase	Single Phase	Performance
13	SquareTube				E80S	18.44" - 18.56"	380	8.34	816	SE03-12-550	SE01-12-380	SE03-12-550
					E75L	18.94" - 19.56"	460	10.42	804	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
					75GL	18.94" - 19.56"	460	10.42	804	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		57834(57834)	57193(57193)	57840(57840)	E75	22.88" -23.38"	460	10.42	888	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		57834G(57834G)	57193G(57193G)	57840G(57840G)	75G	22.88" -23.38"	460	10.42	888	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		67268V(67268V)	66211V(66211V)	67395V(67395V)	E80S	22.81" - 23.38"	480	11.12	1116	SE03-12-550	SE01-12-550	SE03-12-550
		67268(67268)	66211(66211)	67395(67395)	E85	22.88" - 23.38"	510	11.81	938	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		67268D(67268D)	66211D(66211D)	67395D(67395D)	E85D	22.81" - 23.38"	510	11.81	983	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		97519(97519)	97518(97518)		E100	22.88" - 23.38"	600	13.90	1032	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
			98692D(98692D)		E100D	25.56" - 26.00"	600	13.90	1092	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
			506663X (FC1) 506683X (FC2)		E100X	22.81" - 23.38"	600	13.90	1044			
		97627(97627)	97626(97626)		E110	22.81" - 23.38"	680	16.29	1068	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
		503737V(503737V)	503736V(503736V)		E120S	30.56" - 31.06"	720	18.88	1600	SE03-12-750	SE01-12-750	SE03-12-750
		503737W(503737W)	503736W(503736W)		E126	30.56" - 31.06"	760	17.37	1392	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-750
		503737D(503737D)	503736D(503736D)		E126D	30.56" - 31.06"	760	17.37	1392	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-750
		503737L(503737L)	503736L(503736L)		E140	30.56" - 31.06"	840	19.45	1440	E03-12-850	E01-12-850	E03-12-850
			506679X (FC1) 506514X (FC2)		E140X	30.56" - 31.06"	840	19.45	1440			
		503737G(503737G)	503736G(503736G)		E166	30.56" - 31.06"	930	21.64	1462	E03-12-950	E01-12-850	E03-12-950
	Flat Plate	67268G(67268G)	66211G(66211G)	67395G(67395G)	85G	22.81" -23.38"	610	11.81	972	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
		67268P(67268P)	66211P(66211P)	67395P(67395P)	85P	22.81" -23.38"	610	11.81	998	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-550
			506744P (FC1)		85PFC	22.81" - 23.38"	610	11.81	998			
		98484G(98484G)	98692G(98692G)	505768G(505768G)	100G	25.56" - 26.00"	600	13.90	1128	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
		98484P(98484P)	98692P(98692P)	505768P(505768P)	100P	25.56" - 26.00"	600	13.90	1164	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
		503737G(503737G)	503736G(503736G)	504163G	125G	30.56" - 31.06"	760	17.37	1416	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-750
		503737P(503737P)	503736P(503736P)	504163P	125P	30.56" - 31.06"	760	17.37	1440	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-750
					125PFC	30.56" - 31.06"	760	17.37	1440			
		38.18" x 11.88"	36.18" x 12.86"	26.84" x 17.88"								
15	SquareTube				E80S	18.44" - 18.56"	420	9.73	948	SE03-12-550	SE01-12-550	SE03-12-850
		94225(94225)		502624	E75L	18.94" - 19.56"	526	12.18	948	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-850
		94225G(94225G)		502624G	75GL	18.94" - 19.56"	526	12.18	948	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-680
			57836(57836)		E75	22.88" -23.38"	526	12.18	1044	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-850
			57836G(57836G)		75G	22.88" -23.38"	526	12.18	1044	E03-12-550	E01-12-550	E03-12-680
			67651V(67651V)	67928V(67928V)	E80S	22.81" - 23.38"	580	12.97	1272	SE03-12-680	SE01-12-680	SE03-12-850
			67651(67651)	67928(67928)	E85	22.88" - 23.38"	586	13.78	1116	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-850
			67651D(67651D)	67928D(67928D)	E85D	22.81" - 23.38"	586	13.78	1130	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-850
			97520(97520)		E100	22.88" - 23.38"	700	16.21	1188	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-850
			97520D(97520D)	99153D(99153D)	E100D	25.56" - 26.00"	700	16.21	1272	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-850
					E100X	22.81" - 23.38"	700	16.21	1200			
		97631(97631)	97630(97630)		E110	22.81" - 23.38"	770	17.83	1212	E03-12-850	E01-12-850	E03-12-850
		503753V(503753V)	503741V(503741V)		E120S	30.56" - 31.06"	840	19.45	1704	SE03-12-850	SE01-12-850	SE03-12-850
		503753W(503753W)	503741W(503741W)		E126	30.56" - 31.06"	876	20.27	1684	E03-12-950	E01-12-950	E03-12-850
		503753D(503753D)	503741D(503741D)		E126D	30.56" - 31.06"	876	20.27	1684	E03-12-950	E01-12-950	E03-12-850
		503753L(503753L)	503741L(503741L)		E140	30.56" - 31.06"	980	22.70	1632	E03-12-10	E01-12-10	E03-12-850
			506594X (FC1) 506620X (FC2)		E140X	30.56" - 31.06:	980	22.70	1632			
		503753G(503753G)	503741G(503741G)		E166	30.56" - 31.06"	1086	26.13	1644	E03-12-120	E01-12-120	E03-12-850
	Flat Plate	506065G	67651G(67651G)	67928G(67928G)	85G	22.81" -23.38"	586	13.78	1140	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
		502495P(502495P)	67651P(67651P)	67928P(67928P)	85P	22.81" -23.38"	586	13.78	1164	E03-12-680	E01-12-680	E03-12-680
			506876P (FC1)		85PFC	22.81"- 23.38"	586	13.78	1164			
		501407G(501407G)	98380G(98380G)	99153G(99153G)	100G	25.56" - 26.00"	700	16.21	1320	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-850
		501407P(501407P)	98380P(98380P)	99153P(99153P)	100P	25.56" - 26.00"	700	16.21	1388	E03-12-750	E01-12-750	E03-12-850
		503720G(503753G)	503741G(503741G)		125G	30.56" - 31.06"	876	20.27	1808	E03-12-950	E01-12-950	E03-12-850
		503720P(503753P)	503741P(503741P)		125P	30.56" - 31.06"	876	20.27	1832	E03-12-950	E01-12-950	E03-12-850
					125PFC	30.56" - 31.06"	876	20.27	1832			

(1) Also available are E28S (11.06"H), E46S (14.06"H), E55L (14.87"H), and 55GL (14.87"H)

(2) Caution: Weights may vary by +/-5%

* All batteries are standard layouts. Contact Sales for additional sizes and layouts

(3) If N/C and W/C are showing same part #, this designates a convertible [C] style tray. See "Typical Battery Configurations" at front of book for details.

(+) Indicates Recharge Times That May Exceed 8 Hours.

36 VOLT-18 CELL

Sit-down Rider and Stand-up Center Control Layouts

Plates Per Cell	Plate Type	(3) Standard Dimensions and Catalog Numbers N/C-(W/C) Length x Width	Length x Width	Length x Width	Cell Type (1)	Height in Inches N/C - W/C	Capacity 6 Hr. Rate A.H.	KWH	Approx Weight (2) Pounds	Recommended Chargers Three Phase	Single Phase	Performance
		38.53" x 17.94"	35.33" x 19.22"	31.93" x 23.72"								
15	SquareTube	500578V	501530V(97216V)	93186V(90915V)	E60S	18.44" - 18.56"	420	14.59	1422	SES3-18-550	SES1-18-600	SES3-18-550
		500578	501530(97216)	93186(90915)	E75L	18.94" - 19.56"	525	18.24	1422	ES3-18-550	ES1-18-600	EH3-18-1200
		500578G	501530G(97216G)	93186G(90915G)	75GL	18.94" - 19.56"	525	18.24	1422	SES3-18-550	ES1-18-600	EH3-18-1200
		57178(59800)	77012(59822)	73928(61208)	E75	22.69" -23.36"	525	18.24	1566	ES3-18-550	ES1-18-600	EH3-18-1200
		57178G(59800G)	77012G(59822G)	73928G(61208G)	75G	22.69" -23.36"	525	18.24	1566	SES3-18-550	ES1-18-600	EH3-18-1200
		68394V(72442V)	76120V(71464V)	73639V(71297V)	E80S	22.81" - 23.36"	560	19.45	1908	SES3-18-680	SES1-18-600	SES3-18-680
		68394(72442)	76120(71464)	73639(71297)	E85	22.69" - 23.36"	595	20.67	1674	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		68394D(72442D)	76120D(71464D)	73639D(71297D)	E85D	22.81" - 23.36"	595	20.67	1696	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		97552(97553)	97554(97555)	97550(97551)	E100	22.69" - 23.36"	700	24.32	1782	ES3-18-750	ES1-18-800	EH3-18-1200
				97550	E100D	25.56" - 26.00"	700	24.32	1908	ES3-18-750	ES1-18-800	EH3-18-1200
					E100X	22.81" - 23.36"	700	24.32	1800			
		97679(97679)	97681(97681)	97677(97677)	E110	22.81" - 23.36"	770	26.75	1818	ES3-18-850	ES1-18-800	EH3-18-1200
		503744V(504151V)	505323V(504161V)		E120S	30.56" - 31.06"	840	29.18	2556	SES3-18-850	SES1-18-800+	SES3-18-850
		503744W(504151W)	505323W(504161W)		E125	30.56" - 31.06"	875	30.40	2376	ES3-18-950	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503744D(504151D)	505323D(504161D)		E125D	30.56" - 31.06"	875	30.40	2376	ES3-18-950	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503744L(504151L)	505323L(504161L)		E140	30.56" - 31.06"	980	34.05	2448	ES3-18-1050	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		506590X (FC1) 506561X (FC2)			E140X	30.56" - 31.06"	980	34.05	2448			
		503744S(504151S)	505323S(504161S)		E155	30.56" - 31.06"	1085	37.69	2466	ES3-18-1200	N/A	EH3-18-1200
	Flat Plate	68394G(72442G)	76120G(71464G)	73639G(71297G)	85G	22.81" -23.36"	595	20.67	1710	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		68394P(72442P)	76120P(71464P)	73639P(71297P)	85P	22.81" -23.36"	595	20.67	1746	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
					85PFC	22.81" -23.36"	595	20.67	1746			
		500900G		500293G(500170G)	100G	25.56" - 26.00"	700	24.32	1980	ES3-18-750	ES1-18-800	EH3-18-1200
		500900P		500293P(500170P)	100P	25.56" - 26.00"	700	24.32	2052	ES3-18-750	ES1-18-800	EH3-18-1200
		503744G(504151G)	(504161G)		125G	30.56" - 31.06"	875	30.40	2412	ES3-18-950	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503744P(504151P)	(504161P)		125P	30.56" - 31.06"	875	30.40	2448	ES3-18-950	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		506741P (FC1) 506838P (FC2)			125PFC	30.56" - 31.06"	875	30.40	2445			
		38.33" x 20.21"	33.58" x 25.96"	32.07" x 26.42"								
17	SquareTube	94102V(96585V)		96695V(97945V)	E60S	18.44" - 18.56"	480	16.68	1620	SES3-18-550	SES1-18-600	SES3-18-550
		94102(96585)		96695(97945)	E75L	18.94" - 19.56"	600	20.84	1620	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		94102G(96585G)		96695G(97945G)	75GL	18.94" - 19.56"	600	20.84	1620	SES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		76702(58004)	67460	77123(78967)	E75	22.69" -23.36"	600	20.84	1800	ES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		76702G(58004G)	67460G	77123G(78967G)	75G	22.69" -23.36"	600	20.84	1800	SES3-18-680	ES1-18-600	EH3-18-1200
		76121V(75980V)	67494V(68905V)	75453V(77224V)	E80S	22.81" - 23.36"	640	22.23	2286	SES3-18-680	SES1-18-800	SES3-18-680
		76121(75980)	67494(68905)	75453(77224)	E85	22.69" - 23.36"	680	23.62	1908	ES3-18-680	ES1-18-800	EH3-18-1200
		76121D(77816D)	67494D(68905D)	75453D(77224D)	E85D	22.81" - 23.36"	680	23.62	1931	ES3-18-680	ES1-18-800	EH3-18-1200
		97556(97557)	97662(500486)	97558(97559)	E100	22.69" - 23.36"	800	27.79	2034	ES3-18-850	ES1-18-800	EH3-18-1200
		504352D			E100D	25.56" - 26.00"	800	27.79	2124	ES3-18-850	ES1-18-800	EH3-18-1200
		506634X (FC1) 506801X (FC2)			E100X	22.81" - 23.36"	800	27.79	2048			
		97661(97661)	97663(97663)	97669(97669)	E110	22.81" - 23.36"	880	30.57	2070	ES3-18-950	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503752V(504106V)		504673V	E120S	30.56" - 31.06"	960	33.35	2898	SES3-18-1050	SES1-18-800+	SES3-18-1050
		503752W(504106W)		504673W	E125	30.56" - 31.06"	1000	34.74	2700	ES3-18-1050	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503752D(504106D)		504673D	E125D	30.56" - 31.06"	1000	34.74	2700	ES3-18-1050	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503752L(504106L)		504673L	E140	30.56" - 31.06"	1120	38.91	2772	ES3-18-1200	N/A	EH3-18-1200
		506579X (FC1) 503752X (FC2)			E140X	30.56" - 31.06"	1120	38.91	2772			
		503752S(504106S)		504673S	E155	30.56" - 31.06"	1240	43.08	2808	ES3-18-1500	N/A	EH3-18-1600
	Flat Plate	76121G(75980G)	67494G(68905G)	75453G(77224G)	85G	22.81" -23.36"	680	23.62	1926	ES3-18-680	ES1-18-800	EH3-18-1200
		76121P(75980P)	67494P(68905P)	75453P(77224P)	85P	22.81" -23.36"	680	23.62	1962	ES3-18-680	ES1-18-800	EH3-18-1200
		506816P (FC1) 507236P (FC2)			85PFC	22.81" -23.36"	680	23.62	1962			
		500020G(98166G)	500052G	500052G	100G	25.56" - 26.00"	800	27.79	2132	ES3-18-850	ES1-18-800	EH3-18-1200
		500020P(98166P)	500052P	500052P	100P	25.56" - 26.00"	800	27.79	2304	ES3-18-850	ES1-18-800	EH3-18-1200
		503752G(504106G)		504673G	125G	30.56" - 31.06"	1000	34.74	2754	ES3-18-1050	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		503752P(504106P)		504673P	125P	30.56" - 31.06"	1000	34.74	2808	ES3-18-1050	ES1-18-800+	EH3-18-1200
		506545P (FC1) 506850P (FC2)			125PFC	30.56" - 31.06"	1000	34.74	2808			

(1) Also available are E28S (11.06"H), E45S (14.06"H), E55L (14.87"H), and 55GL (14.87"H)

(2) Caution: Weights may vary by +/-5%

*** All batteries are standard layouts. Contact Sales for additional sizes and layouts**

(3) If N/C and W/C are showing same part #, this designates a convertible [C] style tray. See "Typical Battery Configurations" at front of book for details.

(+) Indicates Recharge Times That May Exceed 8 Hours.

3-Phase:

CELLS IN SERIES	MODEL PHASE	CATALOG NUMBER	RECHARGE RANGE (8 HRS)+	MAXIMUM AC INPUT AMPS @60 Hz*				SHIPPING WEIGHT (LBS.)
				@120	@208	@240	@480	
6	ES3-6-550	ES3-6-550B	330-550	-	7.0	6.0	3.0	230
6	ES3-6-680	ES3-6-680B	408-680	-	8.0	7.0	4.0	233
6	ES3-6-850	ES3-6-850B	510-850	-	10.0	9.0	5.0	240
12	ES3-12-550	ES3-12-550B	330-550	-	13.0	11.0	6.0	235
12	ES3-12-680	ES3-12-680B	408-680	-	16.0	14.0	7.0	241
12	ES3-12-750	ES3-12-750B	450-750	-	17.0	15.0	8.0	244
12	ES3-12-850	ES3-12-850B	510-850	-	20.0	17.0	9.0	257
12	ES3-12-950	ES3-12-950B	570-950	-	22.0	19.0	10.0	305
12	ES3-12-1050	ES3-12-1050B	630-1050	-	24.0	21.0	11.0	307
12	ES3-12-1200	ES3-12-1200B	720-1200	-	28.0	24.0	12.0	314
12	ES3-12-1500	ES3-12-1500B	840-1500	-	34.0	30.0	15.0	378
18	ES3-18-550	ES3-18-550B	330-550	-	19.0	17.0	9.0	255
18	ES3-18-680	ES3-18-680B	408-680	-	24.0	20.0	10.0	264
18	ES3-18-750	ES3-18-750B	450-750	-	26.0	22.0	11.0	272
18	ES3-18-850	ES3-18-850B	510-850	-	29.0	25.0	13.0	286
18	ES3-18-950	ES3-18-950B	570-950	-	33.0	28.0	14.0	308
18	ES3-18-1050	ES3-18-1050B	630-1050	-	36.0	31.0	16.0	312
18	ES3-18-1200	ES3-18-1200B	720-1200	-	41.0	36.0	18.0	360
18	ES3-18-1500	ES3-18-1500B	840-1500	-	51.0	44.0	22.0	536
18	ES3-18-1700*	ES3-18-1700B	960-1700	-	-	50.0	25.0	548
18	ES3-18-2000	ES3-18-2000B	1200-2000	-	-	-	30.0	554
24	ES3-24-200	ES3-24-200B	120-200	-	10.0	8.0	4.0	230
24	ES3-24-550	ES3-24-550B	330-550	-	25.0	22.0	11.0	300
24	ES3-24-680	ES3-24-680B	408-680	-	31.0	27.0	14.0	305
24	ES3-24-750	ES3-24-750B	450-750	-	34.0	30.0	15.0	332
24	ES3-24-850	ES3-24-850B	510-850	-	39.0	34.0	17.0	357
24	ES3-24-950	ES3-24-950B	570-950	-	43.0	38.0	19.0	357
24	ES3-24-1050	ES3-24-1050B	630-1050	-	48.0	42.0	21.0	362
24	ES3-24-1200*	ES3-24-1200B	720-1200	-	-	47.0	24.0	406
24	ES3-24-1500	ES3-24-1500B	840-1500	-	-	-	30.0	560
24	ES3-24-1600	ES3-24-1600B	960-1600	-	-	-	32.0	564
36/40#	ES3-36-450	ES3-36-450B	270-450	-	31.0	27.0	14.0	346
36/40#	ES3-36-550	ES3-36-550B	330-550	-	38.0	33.0	17.0	354
36/40#	ES3-36-680	ES3-36-680B	408-680	-	47.0	40.0	20.0	380
36/40#	ES3-36-850*	ES3-36-850B	510-850	-	58.0	50.0	25.0	480
36/40#	ES3-36-1050	ES3-36-1050B	630-1050	-	71.0	62.0	31.0	549

#40 cell model requires special control. * 50 Hz designs are available. Contact your sales representative.

UL and cUL Recognized Component

Dimensions (In): (WxDxH) 1-Phase: 19x17.5x27, 3-Phase: 27x26x24

B: 208 / 240 / 480
J: 480 / 550 / 600
} 3-Phase only

APÉNDICE B

Cambios sugeridos de aire para una ventilación adecuada y

Tabla para el cálculo de intensidad Limitada

en ciertos lugares.

FUENTE:

Fundamentos de ventilación Greenheck:

Determinando los pcm

Una vez que el modelo es definido, los pcm deben ser determinados. Consulte los requisitos para los códigos locales o refierase a la tabla de abajo para determinar la cantidad de aire sugerida en una ventilación apropiada.

Los rangos especificados ventilarán adecuadamente las áreas correspondientes en la mayoría de los casos. Sin embargo, en condiciones extremadas podría requerirse "Minutos por Cambio" fuera del rango especificado. Para determinar el número actual necesitado en un rango, considere la localización geográfica y el promedio del nivel de rendimiento del área. Para climas cálidos y más fuertes que otras áreas normales, seleccione un número bajo en el rango para cambiar el aire más rápidamente. Para climas moderados con tratamiento ligero, seleccione un número más alto en la tabla de rangos.

Para determinar los pcm requeridos para ventilar adecuadamente una área, divida las dimensiones del lugar entre el valor apropiado de "Minutos por Cambio".

Cambios Sugeridos del Aire para una Ventilación Apropiada

$$pcm = \frac{\text{Dimensiones del lugar}}{\text{Min./Cambio}}$$

Dimensiones del Lugar = Largo x Ancho x Alto

Area	Min./Cambio	Area	Min./Cambio	Area	Min./Cambio
Pasillo	3-10	Salón de Baile	3-7	Tienda de Maquinaria	3-6
Atico	2-4	Comedor	4-8	Fabrica de Papel	3-8
Auditorio	3-10	Tintorería	2-5	Oficina	2-8
Panadería	2-3	Cuarto de Maquinas	1-3	Empacadora	2-5
Bar	2-4	Fabrica	2-7	Cabina de Proyección	1-2
Establo	12-18	Fundición	1-5	Cuarto de Recreación	2-8
Cuarto de Calefacción	1-3	Taller	2-10	Residencia	2-6
Club de Boliche	3-7	Cuarto de Generadores	2-5	Restaurante	5-10
Cafetería	3-5	Gimnasio	3-8	Cuarto de Baño	5-7
Iglesia	4-10	Cocina	1-5	Tienda	3-7
Salón de Clases	4-6	Laboratorio	2-5	Salón de Espera	1-5
Salón para Clubes	3-7	Lavandería	2-4	Almacén	3-10

Ejemplo:

Un edificio requiere que un ventilador extraiga aire de una oficina (ver figura abajo) la cual mide 30' x 40' x 8'. Esta oficina es ocupada constantemente.

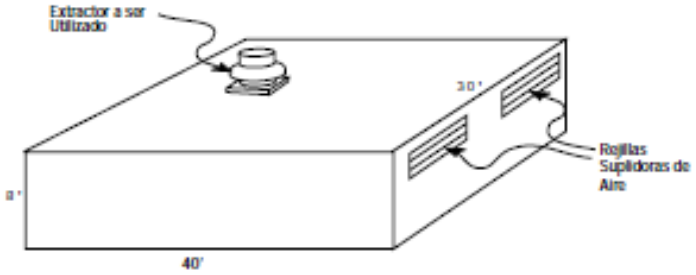
Solución:

El total de las dimensiones de la oficina es de 30' x 40' x 8' = 9,600 pies cúbicos. De acuerdo al cuadro de arriba, el rango para oficinas es de 2-8 minutos por cambio. Ya que la oficina tiene un uso muy constante, 4 minutos por cambio sería recomendable. Por lo tanto la extracción requerida sería:

$$\frac{9{,}600 \text{ pies}^3}{4 \text{ Min.}} = 2{,}400 \text{ pcm}$$

Ya que el aire a extraer es relativamente limpio, esta es una aplicación ideal para el ventilador modelo GB.

Nota: En este ejemplo, el aire de relleno fue proporcionado a través de un par de rejillas de suministro situadas en la pared más lejana al extractor. Si no hubiese otra forma de como suministrar aire en este lugar, un ventilador de suministro también tendría que ser utilizado. Los pcm de suministro deben de igualar los pcm de extracción. El ventilador de suministro debe ser situado lo más lejos posible del extractor.



Niveles del Ruido

En muchos casos, el ruido generado por un ventilador, debe ser considerado. En la industria de la ventilación, utilizamos un factor común para expresar el nivel de la presión del ruido, el sone. En términos prácticos, la intensidad de un sone es equivalente a la tranquilidad de un refrigerador a una distancia de 5 pies.

Los sones son una medida linear de los niveles de la presión del ruido. Por ejemplo, el nivel de ruido de 10 sones es dos veces más fuerte que el de 5 sones.

Refierase a la tabla para el calculo de la intensidad limitada en ciertos lugares para determinar el valor adecuado de sones para la aplicación deseada. Como una guia general, seleccione un ventilador que tenga un valor de sone dentro del rango especificado en la tabla de la derecha.

Nota: Los lugares con construcciones rigidas (paredes de concreto, pisos de cerámicas, etc) reflejan ruido. En estos casos, seleccione ventiladores con un valor final más bajo. Los lugares con construcciones moderadas (alfombras, cortinas, etc) absorben ruido. En estos casos, se pueden seleccionar ventiladores con un valor final más alto.

Nuestro ejemplo describe un extractor para una oficina. Si nos referimos a la tabla para el calculo de la intensidad limitada en ciertos lugares, encontramos que las oficinas en general deben tener un valor de intensidad de 4 a 12 sones. Recordando nuestras 3 selecciones anteriores, solo el GB-180 tiene un valor de menos de 12 sones. Esto implica que el GB-180 es la mejor opción para esta aplicación.

Tabla para el Calculo de la Intensidad Limitada en ciertos Lugares

Sones	DBA	
1.3-4	32-48	Residencias (rurales y sub-urbanas)
1.7-5	36-51	Salones de Conferencia
2-6	38-54	Cuartos de Hoteles, Bibliotecas, Cines, Oficinas Ejecutivas
2.5-8	41-58	Escuelas y Salones de Clase, Pabellones de Hospitales y Salas de Operaciones
3-9	44-60	Corte de Justicia, Museos, Apartamentos, Residencias Urbanas
4-12	48-64	Restaurantes, Sala de Espera, Oficinas Generales, Bancos
5-15	51-67	Pasillos y Corredores, Salón Bar, Cuarto de Baños y Tocadores
7-21	56-72	Cocinas de Hoteles y Lavanderia Supermercados
12-36	64-80	Maquinaria Ligera, Lineas de Ensamble
15-50	67-84	Tienda de Maquinarias
25-60	74-87	Maquinaria Pesada

De la Publicación AMCA 302 (Aplicación de los Valores de Sones para Equipos de Ventilación sin Ductos con Similitudes de Lugares-Sone-dBA).

Caballaje de Fuerza del Motor

El caballaje de Fuerza para ventiladores de acople directo es siempre proporcionado por Greenheck y no requiere de una consideración amplia. Para los de acople por correa, el catalogo identifica cual caballaje de fuerza es recomendable. Sin embargo, existen ocasiones cuando es necesario elevar el caballaje a un tamaño mayor. Por ejemplo, el hp recomendable para el GB-180 a 810 rpm es de 1/3 de hp.

Aunque un motor con 1/3 de hp es recomendable, esto no quiere decir que es necesariamente una buena selección para esta aplicación. Nuestra presión estática de 0.5" fue solamente un estimado. Podria ser que actualmente esta presión se torne y cambie a ser .625".

Si este es el caso, necesitariamos un motor de 1/2 de hp debido a que el ventilador tendrá que operar a casi 900 rpm (refierase a la casilla de operaciones - 2,624 pcm a 0.625" de Pe). Por lo tanto, seleccionando un motor de 1/2 de hp en este caso se estaria haciendo una mejor selección.

La definición completa del modelo para esta aplicación es GB-180-5.

Nota: El GB-180-5 tiene un valor de 700-940 rpm. (Refierase a la columna del modelo en el catalogo). Esto significa que si la presión estática es menos que la estimada, digamos a 0.25" de Pe, el ventilador puede ser reducido para acomodar esta condición.

APÉNDICE C

Valores de gravedad específica para determinar la carga o descarga de la batería.

FUENTE:

EnerSys Sección 28.00

In sub-freezing temperatures, water should be added **just before charging is completed** to insure prompt mixing with the electrolyte. Otherwise it may freeze on the surface before mixing. No permanent harm results from low temperature operation as long as freezing is avoided.

b. High temperatures have an adverse effect and all practical means should be employed to keep the battery temperature at normal values:

- Avoid overdischarging
- Charge in cool location
- Supply ample ventilation during charge by always opening battery compartment or battery cover and circulating air by fans if necessary
- Allow battery to cool down before starting charge.

The effect of temperature on battery life on any lead acid truck battery is shown below.

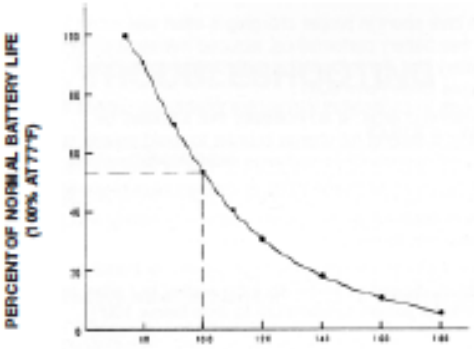


Figure 3 - Temperature vs. Battery Life Curve

EXAMPLE: If the average lifetime temperature of the battery is 100°F, it will result in a battery life of approximately 53% as compared to 100% at 77°F.

12. DISCHARGE CHARACTERISTICS

a. In general, a battery may be discharged without harm at any rate of current it will deliver, but the discharge should not be continued beyond the point where the cells approach exhaustion, or where the voltage falls below a useful value.

b. Discharging at a constant current value, the initial voltage will depend on the rate of discharge and the normal characteristic of the cell. As the discharge continues, the cell voltage will slowly decrease during the first 70 to 80 percent of the total time period. It will then fall more rapidly, passing over the "knee" of the curve to the "final" voltage as full time and capacity are reached. This "knee" is more pronounced at low rates of discharge.

c. During discharge there is normally a rise in battery temperature, depending on the ambient temperature, on the rate of discharge and the type of battery assembly from the standpoint of heat dissipation. The higher the ampere discharge rate, the greater the temperature rise effect. During discharge, a battery's temperature will normally rise. The speed and magnitude of this temperature rise is dependent on the following conditions:

- ambient temperatures
- battery design and layout,
- and battery discharger rate.

Batteries subject to high discharge rates will incur higher temperature increases.

d. As mentioned, a battery should not be discharged beyond the point where the cells approach exhaustion. This is referred to as "overdischarging" and can have very harmful results, particularly if repeated for several days or cycles. Overdischarge can be avoided by using a lift interrupt device. When installed on the vehicle, the lift interrupt device gives a constant readout of battery condition and locks out the lift mechanisms as the battery approaches 80% depth of discharge.

TABLE 3
SPECIFIC GRAVITIES @ 77°F

Cell Type	*Fully Charged*	*80% Discharge**	*100% Discharge**
E-55L	1.315	1.160	1.120
E-75L	1.315	1.160	1.120
E-75	1.280	1.160	1.130
E-460	1.280	1.140	1.105
E-85	1.280	1.150	1.120
E-85D	1.280	1.140	1.110
E-100	1.315	1.155	1.115
E-100X	1.280	1.130	1.090
E-110	1.315	1.155	1.115
E-100D	1.280	1.145	1.115
E-125	1.280	1.140	1.105
E-125D	1.280	1.130	1.100
E-140	1.280	1.140	1.105
E-140X	1.280	1.140	1.105
E-155	1.315	1.150	1.100

*These values are for discharging at the 6 Hr. rate, read immediately at the completion of the discharge and corrected to 77°F.

13. CHARGING EQUIPMENT

a. Battery charging should be accomplished with an electronically controlled charger.

b. When the discharged battery is placed on charge, the battery will draw a relatively high current which will be at or close to the capacity of the charger. Within a few minutes, the current will adapt itself to the state of discharge of the battery, remaining high if the battery is considerably discharged or decreasing to a low rate if the battery is only partially discharged. The charging rate should be controlled by a control unit.

c. When charging any industrial battery, only use an approved charger that is capable of returning a discharged battery's specific gravity back to it's nameplate rating within an 8 hour period. Several chargers offered by EnerSys will accomplish this requirement. Some charger technologies, such as ferro-resonant, will not adequately charge and EnerSys Ironclad tubular battery and will result in undercharging and short life. Please consult an EnerSys representative for more information.

d. Although a number of chargers meet the mentioned general requirements above, not all chargers are equal. Contact your local EnerSys representative for more details.

APÉNDICE D

Selección de Ventilador Greenheck Modelo BSQ.

FUENTE:

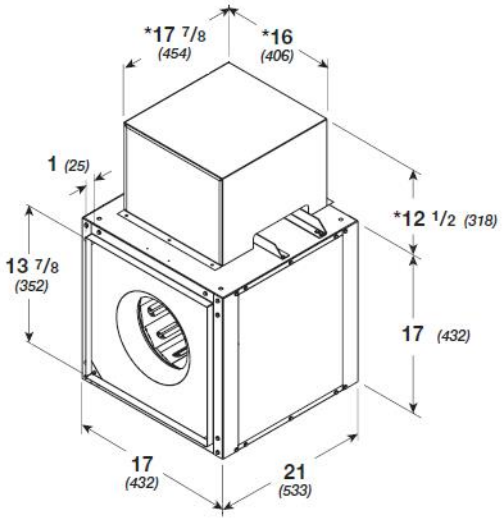
Ventiladores Centrífugos en Línea, Modelos SQ y BSQ.

Transmisión directa y por banda – Greenheck.

BSQ 100 TRANSMISIÓN POR BANDA
VENTILADORES CENTRÍFUGOS EN LÍNEA

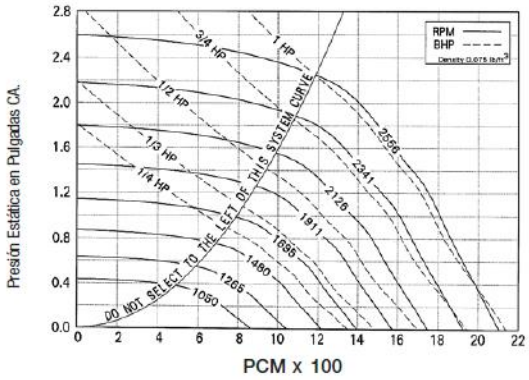
GREENHECK
Valorizando el Aire.

BSQ 100 Dimensiones



Las dimensiones demostradas están en pulgadas (milímetros).
**La cubierta del motor es opcional. Las dimensiones pueden variar con el tamaño del motor.*

BSQ 100 Funcionamiento



MÁX. BHP A UN RPM ACTUAL - $(RPM/2517)^3$
VELOCIDAD TOPE (pies./min.) = RPM x 2.928
VELOCIDAD DE DESC. (pies./min.) = PCM x 0.7617
PESO APROXIMADO - 85 lb. (39 kg)

RPM MÁXIMAS- 2556
TAM. MÁX DEL MOTOR - 145T
GROSOR DE LA CAJA - 20 GA.
TAM. COMPUERTA = 14 x 14 pulg. (356 x 356 mm)

MODELO	HP	RPM	PRESIÓN ESTÁTICA EN PULGADAS CA.																			
			0.125		0.25		0.5		0.625		0.75		1		1.25		1.5		1.75		2	
			Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP	Sones	BHP
BSQ-100-4	1/4	1050	774		671																	
			7.9	0.07	7.6	0.07																
		1190	900		823																	
			9.5	0.10	8.9	0.11																
		1330	1024		953		770															
			11.3	0.14	10.6	0.15	9.4	0.15														
		1469	1145		1080		931		837													
			13.2	0.19	12.6	0.20	11.0	0.20	10.5	0.20												
		1609	1265		1207		1088		1003		917											
			15.4	0.25	15.0	0.26	13.4	0.26	12.4	0.26	11.8	0.26										
BSQ-100-3	1/3	1772	1405		1352		1247		1187		1110		939									
			16.6	0.33	16.4	0.34	15.5	0.35	14.8	0.35	14.3	0.35	13.1	0.35								
BSQ-100-5	1/2	1901	1515		1465		1366		1320		1255		1115									
			18.0	0.40	17.8	0.41	17.4	0.43	17.1	0.43	16.6	0.43	16.2	0.43								
		2029	1623		1577		1484		1439		1396		1262		1119							
			19.8	0.49	19.6	0.50	19.4	0.52	19.0	0.52	18.6	0.52	18.2	0.52	17.2	0.52						
BSQ-100-7	3/4	2176	1747		1704		1617		1574		1533		1428		1305		1163					
			21	0.60	21	0.61	21	0.63	21	0.64	20	0.65	19.8	0.65	19.3	0.65	18.5	0.65				
		2323	1871		1830		1749		1708		1668		1591		1472		1358		1197			
			23	0.73	23	0.74	23	0.77	23	0.78	23	0.79	22	0.79	21	0.79	20	0.79	21	0.78		
BSQ-100-10	1	2440	1969		1930		1853		1815		1776		1703		1605		1494		1377		1184	
			25	0.84	25	0.86	24	0.88	24	0.89	25	0.91	23	0.91	23	0.91	22	0.91	22	0.91	23	0.88
		2556	2066		2029		1956		1919		1882		1810		1734		1626		1522		1402	
			26	0.97	26	0.98	25	1.01	26	1.02	26	1.03	25	1.05	25	1.05	24	1.05	22	1.05	24	1.05

El funcionamiento demostrado es para el tipo B, entrada libre, conducto de escape. Los valores de funcionamiento no incluyen los efectos de accesorios en la corriente de aire. El grado de energía (BHP) no incluye pérdidas de impulsión. Los valores de sonido ilustrados son valores de volumen en sones de 5 pies en un campo hemisférico libre calculado por AMCA Estándar 311. Los valores ilustrados son para:Instalación tipo B: niveles de sones con entrada libre.

APÉNDICE E

Estándares de Construcción de Ductos.

FUENTE:

SMACNA - HVAC Duct Construction Standards – Metal and Flexible – Second Edition - 1995.

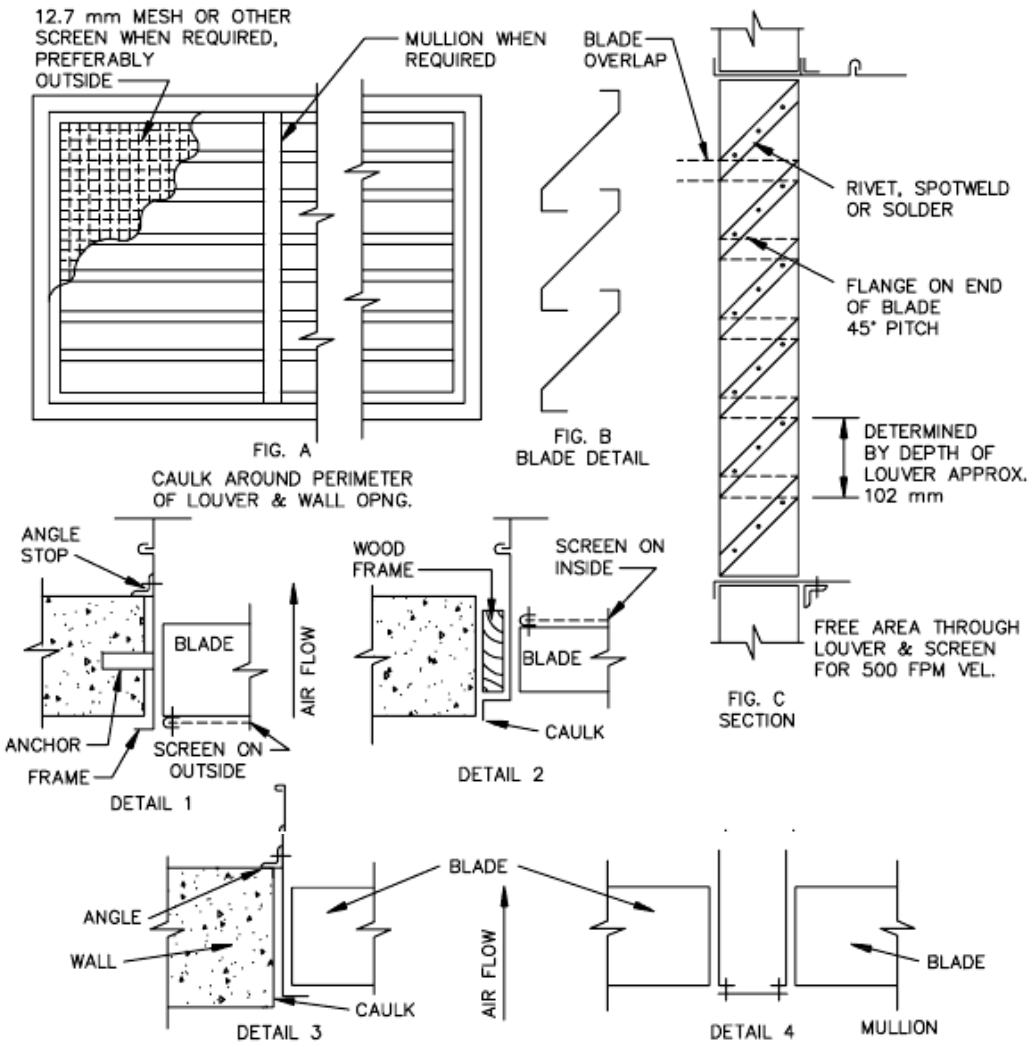
TABLE 1–2 STANDARD DUCT SEALING REQUIREMENTS		
SEAL CLASS	**Sealing Requirements**	**Applicable Static Pressure Construction Class**
A	Class A: All Transverse joints, longitudinal seams, and duct wall penetrations	4" wg and up (1000 Pa)
B	Class B: All Transverse joints and longitudinal seams only	3" wg (750 Pa)
C	Class C: Transverse joints only	2" wg (500 Pa)
In addition to the above, any variable air volume system duct of 1" (250 Pa) and 1/2" wg (125 Pa) construction class that is upstream of the VAV boxes shall meet Seal Class C.		

TABLE 1–25M
T–1 FLAT DRIVE ACCEPTED AS REINFORCEMENT

DUCT WALL	0.55 mm		0.70 mm		0.85 mm		1.00 or more mm	
Static Pressure (Pa)	Maximum Duct Width (W) and Maximum Reinforcement Spacing (S)							
	W (mm)	S (mm)	W (mm)	S (mm)	W (mm)	S (mm)	W (mm)	S (mm)
125	508 457	3 N.R.	508	N.R.	508	N.R.	508	N.R.
250	508 356 305	2.4 3 N.R.	508 356	2.4 N.R.	508 457	3 N.R.	508	N.R.
500	457	1.5	457 305	2.4 N.R.	457 356	3 N.R.	457	N.R.
750	305 254	1.5 1.8	457 254	1.5 N.R.	457 305	1.5 N.R.	457 356	1.8 N.R.
1000	Not Accepted		406 203	1,5 N.R.	305 254	1.8 N.R.	305	N.R.
1500			305 203	1.5 N.R.	305 203	1.5 N.R.	305 254	1.8 N.R.

Although the flat drive slip T–1 does not satisfy the EI calculation requirements for Class A or Class B reinforcement, tests predict its suitability for use as reinforcement within the limits of this table.

N.R. — No reinforcement is required; however, the T–1 Joint may be used.



SCHEDULE
BLADES & FRAMES

WIDTH	GALV.	STAINLESS	ALUM.	COPPER
TO 610 mm	0.70 mm	0.61 mm	1.02 mm	0.45 kg
635 TO 914 mm	1.00 mm	0.80 mm	1.02 mm	0.57 kg
940 TO 1219 mm	1.31 mm	0.95 mm	1.60 mm	0.57 kg
1245 TO 1524 mm	1.61 mm	1.27 mm	1.60 mm	0.68 kg
1548 mm & UP	MULTIPLE SECTIONS OF ABOVE			

NOTE: SEPARATE COPPER LOUVERS FROM GALVANIZED STEEL DUCT BY INSTALLING LEAD COATED COPPER

FIGURE 5–1M LOUVERS AND SCREENS

GALVANIZED SHEET THICKNESS TOLERANCES

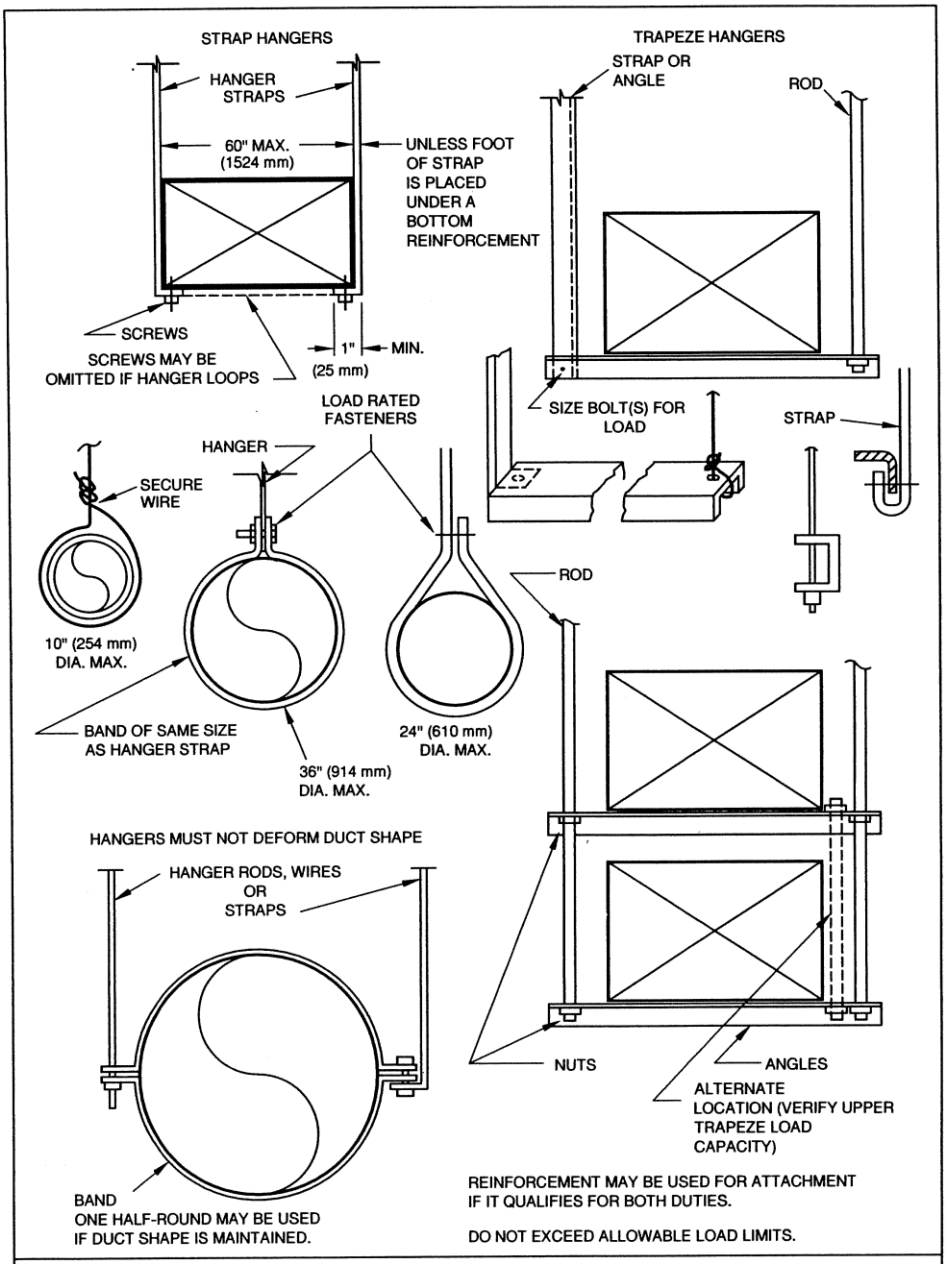
	Thickness in Inches			Weight				Thickness in Millimeters		
Gage	Min.	Max.	Nom.	Min. lb/sf	Nom. lb/sf	Max. lb/sf		Min.	Max.	Nom.
33	.0060	.0120	.0090	.2409	.376	.486		.1524	.3048	.2286
32	.0104	.0164	.0134	.4204	.563	.665		.2642	.4166	.3404
31	.0112	.0172	.0142	.4531	.594	.698		.2845	.4369	.3607
30	.0127	.0187	.0157	.5143	.656	.759	3.20	.3188	.4788	.3988
29	.0142	.020	.0172	.5755	.719	.820		.3569	.5169	.4369
28	.0157	.0217	.0187	.6367	.781	.881	3.81	.3950	.5550	.4750
27	.0172	.0232	.0202	.6979	.844	.943		.4331	.5931	.5131
26	.0187	.0247	.0217	.7591	.906	1.004	4.42	.4712	.6312	.5512
25	.0217	.0287	.0247	.8407		1.167		.5274	.7274	.6274
24	.0236	.0316	.0276	.9590	1.156	1.285	5.64	.6010	.8010	.7010
23	.0266	.0346	.0306	1.0814		1.408		.6772	8772	.7772
22	.0296	.0376	.0336	1.2038	1.406	1.530	6.86	.7534	.9534	.8534
21	.0326	.0406	.0366	1.3263		1.653		.8296	1.0296	.9296
20	.0356	.0436	.0396	1.4486	1.656	1.775	8.08	.906	1.106	1.006
19	.0406	.0506	.0456	1.6526		2.061		1.028	1.288	1.158
18	.0466	.0566	.0516	1.8974	2.156	2.305	10.52	1.181	1.441	1.311
17	.0525	.0625	.0575	2.1381		2.546		1.331	1.591	1.461
16	.0575	.0695	.0635	2.342	2.656	2.832	12.96	1.463	1.763	1.613
15	.0650	.0770	.0710	2.6481		3.138		1.653	1.953	1.803
14	.0705	.0865	.0785	2.8725	3.281	3.525	16.01	1.784	2.204	1.994
13	.0854	.1014	.0934	3.4804		4.133		2.162	2.5823	2.372
12	.0994	.1174	.1084	4.0516	4.531	4.786	22.11	2.523	2.983	2.753
11	.1143	.1323	.1233	4.6505		5.394		2.902	3.362	3.132
10	.1292	.1472	.1382	5.2675	5.781	6.002	28.21	3.280	3.740	3.510
9	.1442	.1622	.1532	5.8795		6.614		3.661	4.121	3.891
8	.1591	.1771	.1681	6.4874	6.875	7.222		4.040	4.500	4.270

TABLE 4-1M
RECTANGULAR DUCT HANGERS
MINIMUM SIZE

MAXIMUM HALF OF DUCT PERIMETER	Pair at 3 m Spacing		Pair at 2.4 m Spacing		Pair at 1.5 m Spacing		Pair at 1.2 m Spacing	
	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD	STRAP	WIRE/ ROD
P/2 = 760	25.4 x 0.85	3.4	25.4 x 0.85	3.4	25.4 x 0.85	2.7	25.4 x 0.85	2.7
P/2 = 1830	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	6.4	25.4 x 0.85	6.4	25.4 x 0.85	6.4
P/2 = 2440	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	9.5	25.4 x 0.85	6.4
P/2 = 3050	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5	25.4 x 1.00	6.4
P/2 = 4270	38.1 x 1.61	12.7	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.31	9.5
P/2 = 4880	Not Given	12.7	38.1 x 1.61	12.7	25.4 x 1.61	9.5	25.4 x 1.61	9.5
P/2 = More	SPECIAL ANALYSIS REQUIRED							

WHEN STRAPS ARE LAP JOINED USE THESE MINUMUM FASTENERS:	SINGLE HANGER MAXIMUM ALLOWABLE LOAD	
	STRAP	WIRE OR ROD (Dia.)
25.4 x 1.31, 1.00, 0.85 mm - one 6.4 bolt 25.4 x 1.61 mm - two 6.4 bolts 38.1 x 1.61 mm - two 9.5 bolts Two bolts must be in series, not side by side.	25.4 x 0.85 - 118 Kg 25.4 x 1.00 - 145 Kg 25.4 x 1.31 - 191 Kg 25.4 x 1.61 - 318 Kg 38.1 x 1.61 - 500 Kg	2.7 - 36 Kg 3.4 - 54 Kg 4.1 - 73 Kg 6.4 - 122 Kg 9.5 - 308 Kg 12.7 - 567 Kg 15.9 - 907 Kg 19.1 - 1360 Kg

NOTES:
1. Dimensions other than hanger spacings are in millimeters.
2. Tables allow for duct weight, 4.89 Kg/m^2 insulation weight and normal reinforcement and trapeze weight, but no external loads!
3. For custom design of hangers, designers may consult SMACNA's *Rectangular Industrial Duct Standards*, the AISI *Cold Formed Steel Design Manual* and the AISC *Steel Construction Manual*.
4. Straps are galvanized steel; other materials are uncoated steel.
5. Allowable loads for P/2 assume that ducts are 1.61 mm maximum, except that when maximum duct dimension (w) is over 1520 mm then p/2 maximum is 1.25 w.
6. For upper attachments *see* Fig. 4-2.
7. For lower attachments *see* Fig. 4-4.
8. For trapeze sizes see Table 4-3 and Fig. 4-5.
9. 2.7, 3.4, and 4.1 mm wire is steel of black annealed, bright basic, or galvanized type.



LOWER HANGER ATTACHMENTS **FIG. 4-4**

TABLE 4-3M
ALLOWABLE LOADS IN KILOGRAMS FOR TRAPEZE BARS

		DIIMENSIONS OF EQUAL LEG ANGLES IN MILLIMETERS												CHANNELS		
	Length	25.4 x 1.61	25.4 x 3.2	38.1 x 1.61	38.1 x 3.2	38.1 x 4.8	38.1 x 6.4 or 51 x 3.2	51 x 3.8	51 x 6.4	63.5 x 4.8	63.5 x 6.4	76 x 6.4	102 x 6.4	76 x 1.9	76 x 2.7	102 x 2.5
	450	36	68	81	159	231	295	426	558	680	889					
	600	34	68	81	159	231	295	426	558	680	889					
	760	32	68	81	159	231	295	426	558	680	889					
	900	27	59	72	154	227	281	417	549	671	880					
	1060	18	50	63	145	218	277	408	540	667	875					
	1220	–	36	50	132	204	263	395	526	653	862					
	1370	–	–	–	113	181	245	381	508	635	844					
	1520	–	–	–	86	159	222	354	480	608	816					
	1670	–	–	–	45	86	181	318	444	571	780					
	1830	–	–	–	–	–	145	281	408	535	744					
	2010	–	–	–	–	–	95	227	358	485	694					
	2130	–	–	–	–	–	–	454	299	426	635	1048	2123	2109	2713	4119
	2440	–	–	–	–	–	–	–	145	272	480	894	1969	1755	2245	3964
	2740	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1139	3284	2613	3529	7010
	3050	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	553	2699	1869	2690	5987
	3350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1973	1152	1778	4908
	3660	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1098	–	907	3778
SECTION PROPERTIES	I_x	494	.906	1.69	3.21	4.53	3.72/7.82	11.2	14.3	22.5	28.9	51.0	125	68.3	85.2	158
	A (mm^2)	77.4	151	116	232	340	444/312	4.61	605	582	768	929	1252	781	1136	1026
	Z	.262	.508	.606	1.18	1.70	2.13	3.11	4.05	4.97	6.46	9.46	17.2	18.0	22.6	31.6
	Kg/m	.65	1.20	.98	1.83	2.68	3.48/2.46	3.63	4.75	4.57	6.10	7.29	9.82	6.10	8.93	8.04

IT IS ASSUMED THAT STEEL MATERIAL WITH A YIELD STRENGTH OF 172.4 MPA OR GREATER IS USED.
LOADS ABOVE ASSUME THAT A HANGER ROD IS 152 MM MAX. DISTANCE FROM DUCT SIDE FOR LENGTHS 2440 MM OR LESS AND 76 MM FOR GREATER LENGTHS.
IF THE ROD IS 51 MM AWAY FROM THE DUCT THE ALLOWABLE LOAD INCREASES SIGNIFICANTLY.
STRUCTURAL STEEL SHAPES THAT HAVE EQUIVALENT Z PROPERTIES MAY BE USED AS ALTERNATIVES. Z IS IN 10^3 MM^3. I_x IS IN 10^4 MM^3.

See Fig. 4-5 for load calculation method.
See Table 4-1 for rod and strap load limits.

APÉNDICE F

Factores de rugosidad de ductos.

Pérdida de fricción total por unidad de longitud.

Coeficientes de pérdidas locales en transiciones.

FUENTE:

ASHRAE – Handbook Fundamentals (SI)

Capítulo 35 – Duct Design - 2005

For completely turbulent flow, the friction factor depends on Reynolds number, duct surface roughness, and internal protuberances such as joints. Between the bounding limits of hydraulically smooth behavior and fully rough behavior, is a transitional roughness zone where the friction factor depends on both roughness and Reynolds number. In this transitionally rough, turbulent zone the friction factor f is calculated by Colebrook's equation (Colebrook 1938-39). Colebrook's transition curve merges asymptotically into the curves representing laminar and completely turbulent flow. Because Colebrook's equation cannot be solved explicitly for f, use iterative techniques (Behls 1971).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D_h} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right) \tag{19}$$

where

ε = material absolute roughness factor, mm

Re = Reynolds number

Reynolds number (Re) may be calculated by using the following equation.

$$\mathrm{Re} = \frac{D_h V}{1000\nu} \tag{20}$$

where ν = kinematic viscosity, m^2/s.

For standard air and temperature between 4 and 38°C, Re can be calculated by

$$\mathrm{Re} = 66.4 D_h V \tag{21}$$

Roughness Factors

The roughness factors ε listed in Table 1 are recommended for use with the Colebrook equation (19). These values include not only material, but also duct construction, joint type, and joint spacing (Griggs and Khodabakhsh-Sharifabad 1992). Roughness factors for other materials are presented in Idelchik et al. (1994). Idelchik summarizes roughness factors for 80 materials including metal tubes; conduits made from concrete and cement; and wood, plywood, and glass tubes.

Swim (1978) conducted tests on duct liners of varying densities, surface treatments, transverse joints (workmanship), and methods of attachment to sheet metal ducts. As a result of these tests, Swim recommends using ε = 4.6 mm for spray-coated liners and ε = 1.5 mm for liners with a facing material adhered onto the air side. In both cases, the roughness factor includes the resistance offered by mechanical fasteners, and assumes good joints. Liner density does not significantly influence flow resistance.

Manufacturers' data indicate that the absolute roughness for fully extended nonmetallic flexible ducts ranges from 1.1 to 4.6 mm. For fully extended flexible metallic ducts, absolute roughness ranges from 0.1 to 2.1 mm. This range covers flexible duct with the supporting wire exposed to flow or covered by the material. Flexible ducts should be installed fully extended. Pressure losses for ducts that are only 70% extended can be eight times greater than for a fully extended flexible duct of the same diameter.

Figure 8 (Abushakra et al. 2004) provides pressure drop correction factors for straight flexible duct when less than fully extended.

Friction Chart

Fluid resistance caused by friction in round ducts can be determined by the friction chart (Figure 9). This chart is based on standard air flowing through round galvanized ducts with beaded slip couplings on 1220 mm centers, equivalent to an absolute roughness of 0.09 mm.

Changes in barometric pressure, temperature, and humidity affect air density, air viscosity, and Reynolds number. No corrections to Figure 9 are needed for (1) duct materials with a medium smooth roughness factor, (2) temperature variations in the order of ±15 K from 20°C, (3) elevations to 500 m, and (4) duct pressures from −5 to +5 kPa relative to the ambient pressure. These individual variations in temperature, elevation, and duct pressure result in duct losses within ±5% of the standard air friction chart.

For duct materials other than those categorized as medium smooth in Table 1, and for variations in temperature, barometric

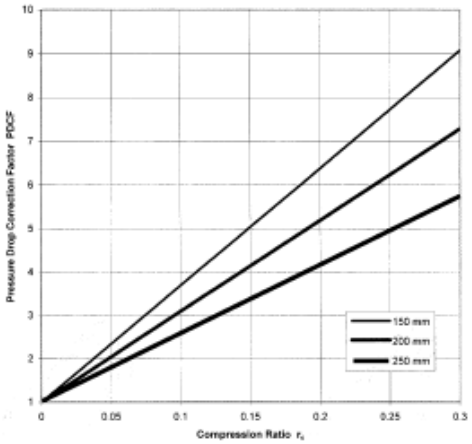


Fig. 8 Pressure Drop Correction Factor for Flexible Duct Not Fully Extended

$r_c = L/L_{FE}$, where L is installed length of duct, and L_{FE} is length of same duct if fully extended.

Table 1 Duct Roughness Factors

Duct Material	Roughness Category	Absolute Roughness e, mm
Uncoated carbon steel, clean (Moody 1944) (0.05 mm)	Smooth	0.03
PVC plastic pipe (Swim 1982) (0.01 to 0.05 mm)		
Aluminum (Hutchinson 1953) (0.04 to 0.06 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 1200 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.05 to 0.10 mm)	Medium smooth	0.09
Galvanized steel, continuously rolled, spiral seams, 3000 mm joints (Jones 1979) (0.06 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, spiral seam with 1, 2, and 3 ribs, 3600 mm joints (Griggs et al. 1987) (0.09 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 760 mm joints (Wright 1945) (0.15 mm)	Average	0.15
Fibrous glass duct, rigid	Medium rough	0.9
Fibrous glass duct liner, air side with facing material (Swim 1978) (1.5 mm)		
Fibrous glass duct liner, air side spray coated (Swim 1978) (4.5 mm)	Rough	3.0
Flexible duct, metallic (1.2 to 2.1 mm when fully extended)		
Flexible duct, all types of fabric and wire (1.0 to 4.6 mm when fully extended)		
Concrete (Moody 1944) (1.3 to 3.0 mm)		

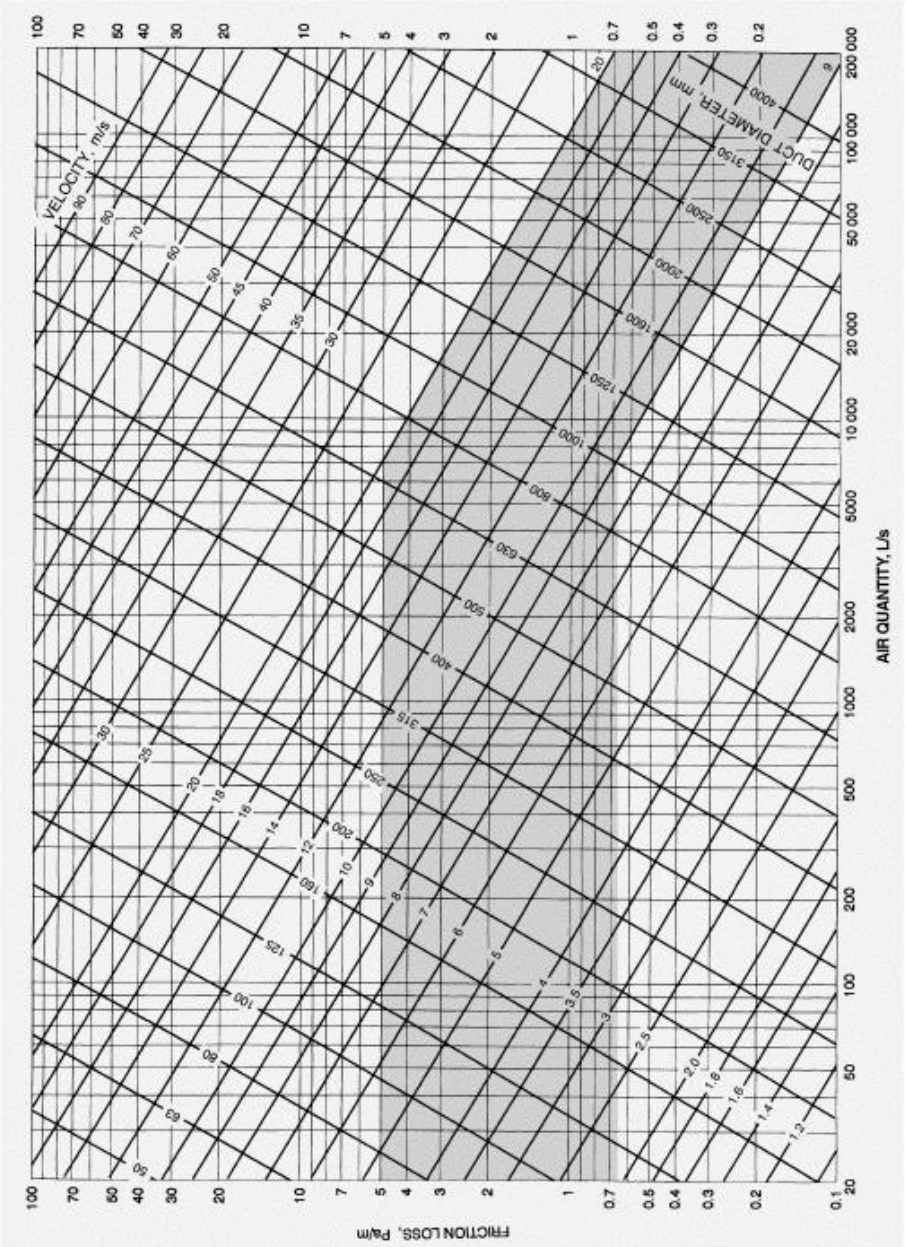
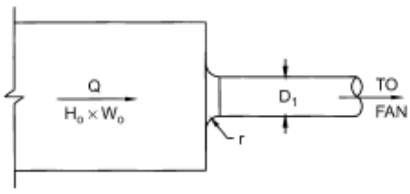


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct (ρ = 1.20 kg/m^3 and ε = 0.09 mm)

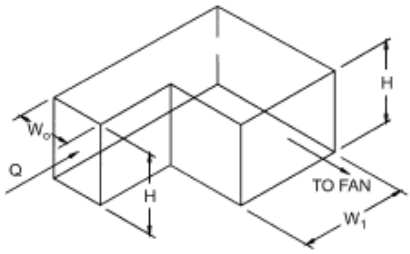
ER2-1 Bellmouth, Plenum to Round, Exhaust/Return Systems

	C_o Values												
	r/D_1												
A_o/A_1	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.00
1.5	0.22	0.20	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01
2.0	0.13	0.11	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
2.5	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
3.0	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
4.0	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
8.0	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



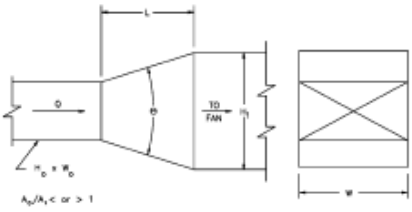
ER3-1 Elbow, 90 Degree, Variable Inlet/Outlet Areas, Exhaust/Return Systems

	C_o Values						
	W_1/W_o						
H/W_o	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
0.25	1.76	1.43	1.24	1.14	1.09	1.06	1.06
1.00	1.70	1.36	1.15	1.02	0.95	0.90	0.84
4.00	1.46	1.10	0.90	0.81	0.76	0.72	0.66
100.00	1.50	1.04	0.79	0.69	0.63	0.60	0.55



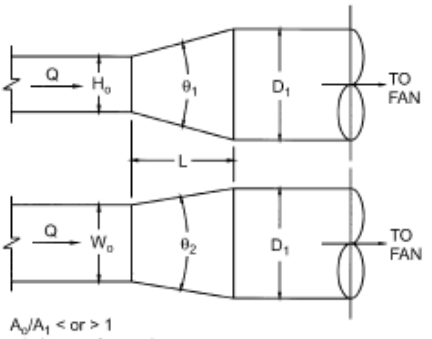
ER4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel, Symmetrical, Exhaust/Return Systems

	C_o Values									
	θ									
A_o/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.26	0.27	0.40	0.56	0.71	0.86	1.00	0.99	0.98	0.98
0.10	0.24	0.26	0.36	0.53	0.69	0.82	0.93	0.93	0.92	0.91
0.25	0.17	0.19	0.22	0.42	0.60	0.68	0.70	0.69	0.67	0.66
0.50	0.14	0.13	0.15	0.24	0.35	0.37	0.38	0.37	0.36	0.35
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.23	0.20	0.20	0.20	0.24	0.28	0.54	0.78	1.02	1.09
4.00	0.81	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.78	4.38	5.65	6.60
6.00	1.82	1.44	1.44	1.44	1.98	2.53	6.56	10.20	13.00	15.20
10.00	5.03	5.00	5.00	5.00	6.50	8.02	19.10	29.10	37.10	43.10



ER4-3 Transition, Rectangular to Round, Exhaust/Return Systems

	C_o Values									
	θ									
A_o/A_1	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.30	0.54	0.53	0.65	0.77	0.88	0.95	0.98	0.98	0.93
0.10	0.30	0.50	0.53	0.64	0.75	0.84	0.89	0.91	0.91	0.88
0.25	0.25	0.36	0.45	0.52	0.58	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64
0.50	0.15	0.21	0.25	0.30	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.24	0.28	0.26	0.20	0.22	0.24	0.49	0.73	0.97	1.04
4.00	0.89	0.78	0.79	0.70	0.88	1.12	2.72	4.33	5.62	6.58
6.00	1.89	1.67	1.59	1.49	1.98	2.52	6.51	10.14	13.05	15.14
10.00	5.09	5.32	5.15	5.05	6.50	8.05	19.06	29.07	37.08	43.05



A_o/A_1 < or > 1
θ is larger of θ_1 and θ_2

APÉNDICE G

Velocidades recomendadas para ductos de baja presión.

Construcción recomendada para láminas de ductos metálicos.

Juntas y uniones para ductos de baja presión.

FUENTE:

Carrier Handbook of Air Conditioning System Design – 1978.

TABLE 7—RECOMMENDED MAXIMUM DUCT VELOCITIES FOR LOW VELOCITY SYSTEMS (FPM)

APPLICATION	CONTROLLING FACTOR NOISE GENERATION Main Ducts	CONTROLLING FACTOR—DUCT FRICTION			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices Directors Rooms Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1500	1100	1000	800
General Offices High Class Restaurants High Class Stores Banks	1300	2000	1500	1600	1200
Average Stores Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

TABLE 8—VELOCITY PRESSURES

VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)
.01	400	.29	2150	.58	3050	1.28	4330
.02	565	.30	2190	.60	3100	1.32	4600
.03	693	.31	2230	.62	3150	1.36	4670
.04	800	.32	2260	.64	3200	1.40	4730
.05	895	.33	2300	.66	3250	1.44	4800
.06	980	.34	2330	.68	3300	1.48	4870
.07	1060	.35	2370	.70	3350	1.52	4930
.08	1130	.36	2400	.72	3390	1.56	5000
.09	1200	.37	2440	.74	3440	1.60	5060
.10	1270	.38	2470	.76	3490	1.64	5120
.11	1330	.39	2500	.78	3530	1.68	5190
.12	1390	.40	2530	.80	3580	1.72	5250
.13	1440	.41	2560	.82	3620	1.76	5310
.14	1500	.42	2590	.84	3670	1.80	5370
.15	1550	.43	2620	.86	3710	1.84	5430
.16	1600	.44	2650	.88	3750	1.88	5490
.17	1650	.45	2680	.90	3790	1.92	5550
.18	1700	.46	2710	.92	3840	1.96	5600
.19	1740	.47	2740	.94	3880	2.00	5660
.20	1790	.48	2770	.96	3920	2.04	5710
.21	1830	.49	2800	.98	3960	2.08	5770
.22	1880	.50	2830	1.00	4000	2.12	5820
.23	1920	.51	2860	1.04	4080	2.16	5880
.24	1960	.52	2880	1.08	4160	2.20	5940
.25	2000	.53	2910	1.12	4230	2.24	5990
.26	2040	.54	2940	1.16	4310	2.28	6040
.27	2080	.55	2970	1.20	4380		
.28	2120	.56	2990	1.24	4460		

NOTES: 1. Data for standard air (29.92 in. Hg and 70 F)

2. Data derived from the following equation: $h_v = \left(\frac{V}{4005}\right)^2$ where: V = velocity in fpm.

h_v = pressure difference termed "velocity head" (in. wg).

DUCT CONSTRUCTION

The sheet metal gage used in the ducts and the reinforcing required depends on the pressure conditions of the system. There is also a wide variety of joints and seams used to form the ducts which also depend on pressure conditions in the duct system.

Low Pressure Systems

Table 14 lists the recommended construction for rectangular ducts made of aluminum or steel. The method of bracing and reinforcing and types of joints and seams are included in the table. Round duct and *Spiro-Pipe* construction are included in *Tables 15 and 16* which apply for low and high pressure systems. *Fig. 58* illustrates the more common seams and joints used in low pressure systems.

TABLE 16—MATERIAL GAGE FOR SPIRA-PIPE DUCT

Low and High Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	DUCT MATERIAL GAGE	
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage
Up to 8	28	22
9 to 24	24	20
25 to 32	22	18

TABLE 14—RECOMMENDED CONSTRUCTION FOR RECTANGULAR SHEET METAL DUCTS

Low Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE				RECOMMENDED CONSTRUCTION* Transverse Joints, Bracing and Reinforcing
	Steel U.S. Gage		Aluminum B & S Gage		
	Duct	Slip	Duct	Slip	
Up to 24	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than eight feet apart.
24 to 30	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than four feet apart.
31 to 60	22	22	20	18	
61 to 72	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S†, spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing‡ or 1⅛" x 1⅛" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints.
73 to 90	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing† or 1⅛" x 1⅛" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ⅛" band iron stay bracing for duct width 73" to 90".
91 and Up	18	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ⅛" diagonal angle reinforcing‡ or 1⅛" x 1⅛" x ⅛" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ⅛" band iron stay bracing for duct width 91" to 120". 1¼" x ⅛" band iron stay bracing spaced 48" apart for duct widths 121" and up.

*All ducts over 18" in either dimension are cross-broken, except those to which rigid board insulation is applied or area of duct where outlet or duct connection is to be installed. Duct seams are either Pittsburg lock seam or longitudinal seam.

†Reinforce joint with 1¼" x ⅛" band iron.

‡Angles are attached to duct by tack welding, sheet metal screws, or rivets on 8" centers.

TABLE 15—RECOMMENDED CONSTRUCTION FOR ROUND SHEET METAL DUCT

Low and High Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE		RECOMMENDED CONSTRUCTION	
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage	Reinforcing	Joints and Seams
Up to 9	24	22		Round duct sections are joined together by welding, by a coupling, or by bailing out one end of duct.
9 to 24	22	20		
25 to 36	20	18	1¼" x 1¼" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 8' centers.	
37 to 48	20	18	1¼" x 1¼" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 6' centers.	The seams on round duct may be continuous welded or grooved longitudinal seam.
49 to 72	18	16	1¼" x 1¼" x ⅛" girth angle reinforcing spaced on 4' centers.	
73 and Up	18	16		

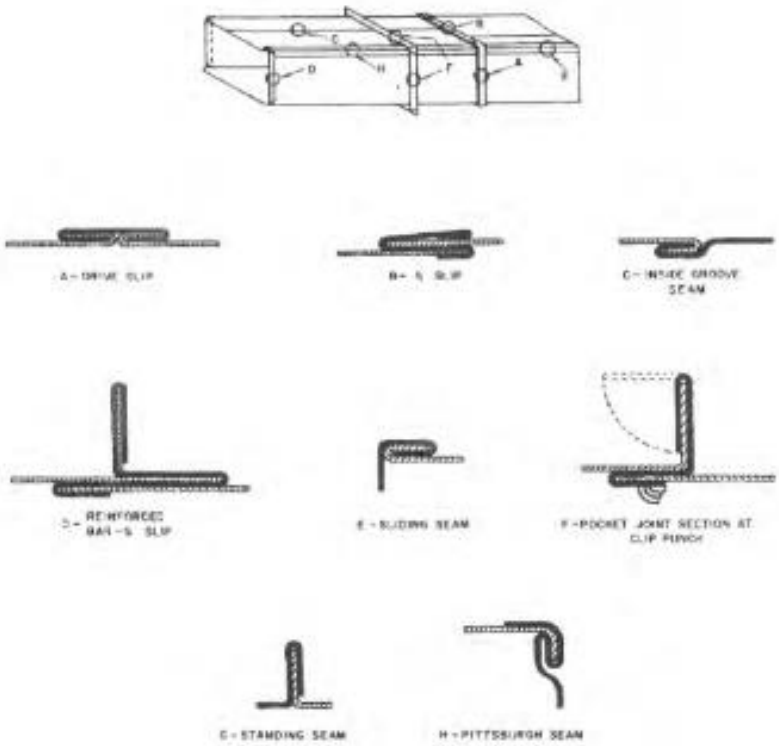


FIG. 58 — JOINTS AND SEAMS FOR LOW PRESSURE SYSTEM

High Pressure Systems

Table 17 contains the construction recommendations for rectangular duct made of aluminum or steel. The table includes the required reinforcing and bracing and types of joints and seams used in high pressure duct systems.

Fig. 59 shows the common joint used for rectangular ducts in high pressure systems. The ducts are constructed with a Pittsburg lock or grooved longitudinal seams *(Fig. 58)*.

Table 15 shows the recommended duct construction for round ducts. The data applies for either high or low pressure systems. *Fig. 60* illustrates the seams and joints used in round duct systems. The duct materials for *Spiro-Pipe* are given in *Table 16*.

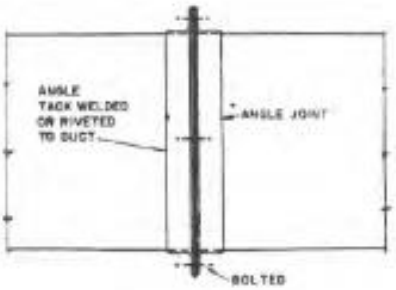


FIG. 59 — JOINT FOR HIGH PRESSURE SYSTEM

TABLE 1R—WEIGHTS OF DUCT MATERIAL

WEIGHT (lb/sq ft)	GAGE (THICKNESS) (in.)	WEIGHT PER SHEET (lb)		
		36 x 96	48 x 96	48 x 120
GALVANIZED STEEL, U.S. GAGE				
.906	26 ga. (.0217)	21.8	29.0	36.2
1.156	24 ga. (.0278)	27.7	37.0	46.2
1.406	22 ga. (.0344)	33.8	45.0	56.2
1.656	20 ga. (.0400)	39.7	53.0	66.2
2.156	18 ga. (.0521)	51.6	70.0	86.2
2.656	16 ga. (.0641)	63.6	85.0	102.2
3.281	14 ga. (.0800)	78.8	105.0	131.2
HOT ROLLED STEEL, U.S. GAGE				
.750	26 ga. (.0179)	18.0	24.0	30.0
1.000	24 ga. (.0239)	24.0	32.0	40.0
1.250	22 ga. (.0299)	30.0	40.0	50.0
1.500	20 ga. (.0359)	36.0	48.0	60.0
2.000	18 ga. (.0478)	48.0	64.0	80.0
2.500	16 ga. (.0598)	60.0	80.0	100.0
3.125	14 ga. (.0747)	75.0	104.0	130.0
5.625	10 ga. (.1345)	135.0	180.0	225.0
ALUMINUM, B & S GAGE (3S)				
.286	24 ga. (.0201)	6.9	9.2	11.5
.355	22 ga. (.0253)	8.6	11.5	14.2
.456	20 ga. (.0320)	11.0	14.6	18.2
.572	18 ga. (.0403)	13.8	18.4	23.0
.724	16 ga. (.0511)	17.4	23.2	29.0
.914	14 ga. (.0644)	22.0	29.2	36.6
1.03	13 ga. (.0719)	24.7	33.0	41.3
STAINLESS STEEL, U.S. GAGE (302)				
.66	28 ga. (.0156)	15.8	21.1	26.4
.79	26 ga. (.0187)	18.9	25.2	31.6
1.05	24 ga. (.0250)	25.2	33.6	42.0
1.31	22 ga. (.0311)	31.5	42.0	52.5
1.58	20 ga. (.0375)	37.8	50.4	63.0
2.10	18 ga. (.0500)	50.4	67.2	84.0
2.63	16 ga. (.0625)	63.0	84.0	105.0
3.28	14 ga. (.0781)	78.7	104.9	131.2
COPPER, OZ/SQ FT				
1.00	16 oz. (.0216)	24.0	32.0	40.0
1.25	20 oz. (.0271)	30.0	40.0	50.0
1.50	24 oz. (.0323)	36.0	48.0	60.0
2.00	32 oz. (.0432)	48.0	64.0	80.0
2.25	36 oz. (.0486)	54.0	72.0	90.0
2.50	40 oz. (.0540)	60.0	80.0	100.0

APÉNDICE H

Pérdida de presión en rejillas de extracción.

FUENTE:

Catálogo de Rejillas METALAIRE

Series 4500 - 0° Performance

Models 4500-1, 4500D-1

Nominal Duct Size		Nominal Core Area	Core Velocity	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
L	W		Negative Static Pressure	0.005	0.012	0.022	0.034	0.049	0.067	0.087	0.110	0.136	0.196	0.267	0.348
6"	6"	0.21	Volume (CFM)	42	63	84	105	126	147	168	189	210	252	294	336
			NC	-	-	-	-	-	20	22	27	28	32	35	38
8"	6"	0.29	Volume (CFM)	57	86	115	143	172	201	229	258	286	344	401	458
			NC	-	-	-	-	-	21	23	28	29	33	36	39
8"	8"	0.39	Volume (CFM)	78	117	156	195	234	273	313	352	391	469	547	625
			NC	-	-	-	-	-	26	25	30	31	35	38	41
12"	6"	0.44	Volume (CFM)	88	132	176	220	264	307	351	395	439	527	615	703
			NC	-	-	-	-	-	23	25	30	31	35	38	73
12"	8"	0.60	Volume (CFM)	120	180	240	299	359	419	479	539	599	719	839	958
			NC	-	-	-	-	21	25	27	32	33	37	40	43
12"	10"	0.76	Volume (CFM)	152	228	303	379	455	531	607	683	759	910	1062	1214
			NC	-	-	-	-	22	26	28	33	34	38	41	44
12"	12"	0.92	Volume (CFM)	184	276	367	459	551	643	735	827	918	1102	1286	1469
			NC	-	-	-	-	22	26	28	33	34	38	41	44
14"	12"	1.08	Volume (CFM)	216	323	431	539	647	755	863	970	1078	1294	1509	1725
			NC	-	-	-	20	23	27	29	34	35	39	42	45
14"	14"	1.27	Volume (CFM)	253	380	506	633	759	886	1013	1139	1139	252	294	336
			NC	-	-	-	21	24	28	30	35	36	40	43	46
18"	18"	2.13	Volume (CFM)	425	638	851	1063	1276	1489	1701	1914	2127	2552	2977	3403
			NC	-	-	21	23	26	30	32	37	38	42	45	48
24"	12"	1.88	Volume (CFM)	375	563	751	938	1126	1314	1501	1689	1877	2252	2627	3003
			NC	-	-	20	22	25	29	31	36	37	41	44	47
24"	18"	2.86	Volume (CFM)	571	857	1142	1428	1714	1999	2285	2570	2856	3427	3998	4569
			NC	-	-	22	24	27	31	33	38	39	43	46	49
24"	24"	3.84	Volume (CFM)	767	1151	1534	1918	2301	2685	3068	3452	3835	4602	5369	6136
			NC	-	21	24	26	29	33	35	40	41	45	48	51
30"	20"	3.99	Volume (CFM)	799	1198	1598	1997	2397	2797	3196	3595	3995	4794	5593	6392
			NC	-	21	24	26	29	33	35	40	41	45	48	51
30"	24"	4.81	Volume (CFM)	963	1444	1926	2407	2889	3370	3851	4333	4814	5777	6740	7703
			NC	-	22	25	27	30	34	36	41	42	46	49	52
36"	22"	5.30	Volume (CFM)	1060	1590	2120	2650	3180	3710	4240	4770	5300	6360	7420	8481
			NC	-	22	25	27	30	34	36	41	42	46	49	52
36"	24"	5.79	Volume (CFM)	1159	1738	2317	2897	3476	4055	4635	5214	5793	6952	8111	9269
			NC	-	22	25	27	30	34	36	41	42	46	49	52
42"	22"	6.20	Volume (CFM)	1239	1859	2478	3098	3718	4337	4957	5577	6196	7435	8675	9914
			NC	20	23	26	28	31	35	37	42	43	47	50	53
42"	26"	7.35	Volume (CFM)	1470	2205	2940	3674	4409	5144	5879	6614	7349	8819	10289	11758
			NC	20	23	26	28	31	35	37	42	43	47	50	55
48"	24"	7.75	Volume (CFM)	1550	2326	3101	3876	4651	5426	6201	6977	7752	9302	10852	12403
			NC	21	24	27	29	32	36	38	43	44	48	51	54
48"	30"	9.73	Volume (CFM)	1946	2919	3892	4865	5839	6812	7785	8758	9731	11677	13623	15569
			NC	22	25	28	30	33	37	39	44	45	49	52	55
48"	36"	11.71	Volume (CFM)	2342	3513	4684	5855	7026	8197	9368	10539	11710	14052	16394	18736
			NC	22	25	28	30	33	37	39	44	45	49	52	55
48"	40"	13.03	Volume (CFM)	2606	3909	5212	6515	7818	9121	10424	11727	13030	15635	18241	20847
			NC	23	26	29	31	24	28	40	45	46	50	53	56
48"	48"	15.67	Volume (CFM)	3134	4701	6267	7834	9401	10968	12535	14102	15668	18802	21936	25069
			NC	24	27	30	32	35	39	41	46	47	51	54	57

APÉNDICE I

Protección respiratoria y Trajes de Protección.

FUENTE:

Catálogo 3M y

Catálogo de Selección Dupont

Filtros para partículas y Cartuchos de gas/vapor 3M™

Todos los Filtros para partículas y Cartuchos de gas/vapor pueden usarse de manera intercambiable con los Respiradores de pieza facial de cara completa y media cara 3M™ Serie 6000, 7500 y FF-400.

Filtros para partículas 3M™ Serie 2000

- Ligero y facilita la respiración
- Variedad del filtros disponibles para una gran diversidad de aplicaciones
- Respiración fácil a través del medio filtrante Electret avanzado de 3 capas en los Filtros Serie 2200

Número de parte	Descripción
2071	Filtro para partículas, P95
2075HF	Filtro de partículas, fluoruro de hidrógeno/P95, con alivio de niveles molestos de gas ácido*
2078	Filtro para partículas, P95, con alivio de niveles molestos de vapor orgánico/gas ácido*
2091	Filtro para partículas, P100
2096	Filtro para partículas, P100, con alivio de niveles molestos de gas ácido*
2097	Filtro para partículas, P100, con alivio de niveles molestos de vapor orgánico*
2291	Filtro saturado para partículas, P100
2296	Filtro saturado para partículas, P100, con alivio de niveles molestos de gas ácido*
2297	Filtro saturado para partículas, P100, con alivio de niveles molestos de vapor orgánico*

Filtro para partículas 3M™ 7093, P100

- El diseño de cubierta de filtro cargado, simplifica las revisiones de presión negativa
- El diseño ofrece un mayor campo de visión y mayor comodidad
- 7093C ofrece un diseño ligero y de bajo perfil que combina filtración P100 con características de carbono cargado, encontradas en productos más pesados de combinación de cartucho

7093	Filtro para partículas, P100
7093B	Filtro para partículas, P100, a granel
7093C	Cartucho/filtro, fluoruro de hidrógeno, P100 con alivio para niveles molestos de vapor orgánico y gas ácido*

Prefiltros y Retenedores

- Simplicidad y facilidad de uso que ayuda a proveer protección al trabajador
- Retenedores de prefiltros

5N11	Filtro contra partículas
5P71	Filtro contra partículas
501	Retenedor de Prefiltros 5N11 y 5P71
502	Retenedor de Filtros de la serie 2000 y 7000 a los cartuchos de la serie 6000

Cartuchos químicos 3M™ Serie 6000

- El diseño de bajo perfil ayuda a mantener un buen campo de visión
- Gran variedad de cartuchos para satisfacer sus necesidades

6001		Cartucho, vapor orgánico
6002		Cartucho, gas ácido**
6003		Cartucho, vapor orgánico/gas ácido**
6004		Cartucho, amoníaco/metilamina
6005		Cartucho, formaldehído/vapor orgánico
6006		Cartucho, multi-gas/vapor**
6009		Cartucho, vapor de mercurio o cloro

Combinación de Cartucho/Filtro para partículas P100 3M™ Serie 6000

- El filtro de partículas se ajusta permanentemente al cartucho para un ensamble fácil de un paso
- Diseño gráfico para comodidad y visibilidad mejorada

60921		Cartucho/filtro, vapor orgánico/P100
60922		Cartucho/filtro, gas ácido/P100**
60923		Cartucho/filtro, vapor orgánico/gas ácido/P100**
60924		Cartucho/filtro, amoníaco/metilamina/P100
60925		Cartucho/filtro, formaldehído/vapor orgánico/P100
60926		Cartucho/filtro multi-gas/vapor/P100**
60928		Cartucho/filtro, vapor orgánico/gas ácido/P100**
60929		Cartucho/filtro, vapor mercurio/gas de cloro/P100

* Diseñado por su capacidad contra niveles molestos de vapores orgánicos y gases ácidos. Antes de tomar decisiones de elección a las concentraciones reconocidas a límite de exposición ocupacional (OEL) por los agencias de higiene o otras regulaciones gubernamentales aplicables, es que los niveles, se usa para proteger respiradores contra gases ácidos o vapores orgánicos, excepto vapores de mercurio.

** Recordatorio: Los cartuchos están diseñados para proteger respiradores contra gas de baja concentración cuando se mezcla el límite de exposición permitido (PEL) por los agencias de higiene o otras regulaciones de pesos bajos de cara completa, presiones diferenciales, o bajo niveles de los que son con respiradores de pesos bajos de cara completa, presiones diferenciales, o en acuerdo con las normas de la administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA) por los agencias de higiene o las regulaciones gubernamentales correspondientes, es que los niveles, son por lo de concentración considerados inmediatamente peligrosos para la vida y salud (IDLH) por las agencias de higiene para dióxido de mercurio.

† Recomendado por el departamento de comercio de regulación de exhibición de, en cada ubicación de campo con niveles de metal, sugiere que se pasa con cierto para remociones y análisis de metal, esto, no está aprobado por el instituto nacional de seguridad y salud ocupacional por las agencias de higiene para dióxido de metal o para remociones.

Bac-Dall
Argentina S.A

Tychem® QC provee excelente resistencia contra riesgos biológicos, tales como sangre y contaminantes virales, aprobando los tests ASTM F1670 de penetración de sangre y ASTM F1671 de penetración viral.

Tychem® QC fue expuesta a la acción de más de 80 agentes químicos y demostró su excelente performance.

NOTA:
La tela Tyvek® tiene buena performance de barrera contra salpicaduras con baja presión. Tychem® QC aprueba los tests de penetración que incluyen salpicaduras con alta presión.
Pesticidas: para determinar la prenda más adecuada para aplicaciones líquidas, lea la etiqueta de identificación del pesticida. Si la misma indica PRECAUCION (WARNING) o ADVERTENCIA (WARNING), Tychem® QC es la opción correcta de protección.
Si la etiqueta dice PELIGRO (DANGER), Tychem® SL es la opción correcta de protección.

Datos de permeabilidad (ensayo según norma ASTM F739)

Chemical Name	Physical Phase	Average Breakthrough Time Normalized (min)	Avg. Perm. Rate (ug/cm2/min)
1,4 Dichloro-2-butene	L	75*	250
Hydrogen cyanide liquid	L	60*	110
Hydrogen cyanide liquid	L	60*	110
Iodine	S	440*	30
Nitric Acid 70%	L	397*	0.5
Oleum, 40% free	L	348*	0.2
Ethylenediamine	L	201*	2.9
Chlorine (20 ppm)	G	>480*	Nm
Chlorine (20 ppm)	G	>480*	Nm
Chloroacetic acid, sat	L	>480*	Nm
Ethylene glycol	L	>480*	Nm
Sodium hypochlorite, 5,25%	L	>480*	Nm
Sulfuric Acid, 16%	L	>480*	Nm
Sulfuric acid 50%	L	>480*	Nm
Chromic Acid	L	>480	<0.1
Formalin, 10% in water	L	>480	<0.001
Gluteraldehyde, 5% in water	L	>480	<0.02
Hydrofluoric acid, 50%	L	>480	0.08
Hydrogen peroxide, 30%	L	>480	<0.1
Hydrogen peroxide, 70%	L	>480	<0.1
Potassium cyanide, 10%	L	>480	<0.1
Sodium Hydroxide, 50%	L	>480	<0.1
Sodium Hydroxide, sat	L	>480	<0.1
Sulfuric Acid, 93%	L	>480	<0.1
Cresol (mixed isomers)	L	112	0.43
Hydrochloric acd, 37%	L	66	1.1
o-Nitrochlorobenzene	S	15	4.1
o-Nitrochlorobenzene	S	15	4.1
Fuel oil	L	10	1.8

1 - Especificaciones generales/guía de uso:
Riesgo de salpicaduras ligeras con mínima presión: seleccione trajes con costuras simples. Riesgo de salpicaduras moderadas: seleccione trajes con costuras reforzadas. Riesgo de salpicaduras pesadas: seleccione trajes con costuras cosidas y soldadas. Todo traje que sea usado en contacto prolongado con líquidos debe tener costuras soldadas. También debe considerarse la aplicación de una solapa protectora del cierre.
2 - ASTM E 308-95:
"Standard practice for computing colors objects by using the CEI System"
3 - ASTM D-747:
"Apparent Bending Modulus of plastic by means of a Cantilever Beam"
4 DuPont publication:
"Permeation guide for DuPont Tychem® & DuPont Stasafe Protective fabrics"

> mayor que
< menor que
L = liquido
G = gas
Immed= inmediato (<10 minutos)

Los valores reportados corresponden a los promedios de las muestras ensayadas según la norma ASTM F739.

ADVERTENCIA:
1.- Tychem® QC no es resistente a la llama y no debe ser utilizada alrededor de calor, llama, chispas o en ambientes inflamables o corrosivos.
2.- Trajes confeccionados con Tychem® QC deben tener una superficie antideslizante en la bota, cubrezapato o cualquier otra superficie de prenda que se utilice en lugares donde exista riesgo de resbalamiento.

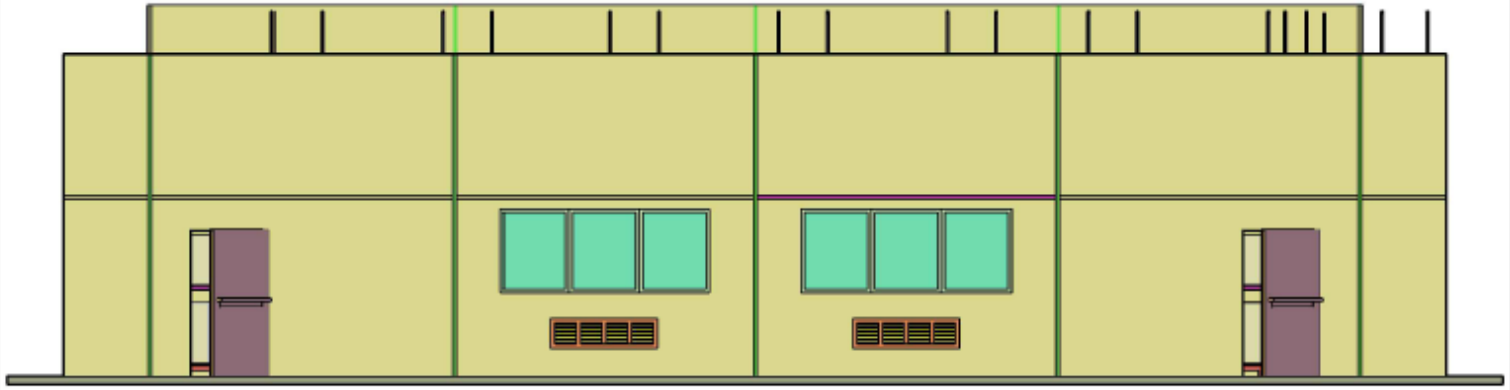
Esta información está basada sobre datos técnicos que DuPont considera confiables. Los mismos están sujetos a revisión en la medida en que se obtengan nuevos conocimientos. DuPont no garantiza estos resultados ni asume ninguna obligación, ni responsabilidad en conexión con esta información.
Es responsabilidad del usuario determinar el grado de toxicidad y el nivel de protección necesario. La información brindada refleja el comportamiento en laboratorio de las telas de protección (y no de la prenda completa) bajo condiciones controladas. Esta información debe ser usada por personas con conocimientos técnicos adecuados, que le permitan evaluar las condiciones de riesgo del usuario final y tomar su decisión bajo su criterio y responsabilidad.
Toda persona que utilice esta información debe verificar que la prenda seleccionada sea apropiada para el uso final deseado. En algunos casos, las costuras y los cierres pueden tener un nivel de permeación distinto al de las telas. Por favor, contáctese con el fabricante para datos específicos. Si la tela se presenta quebradiza, con grietas, perforaciones o con cambio de color, el usuario debe descartar el producto para evitar nuevas exposiciones a agentes químicos.
DADO QUE LAS CONDICIONES DE USO ESTÁN FUERA DE NUESTRO CONTROL, NO GARANTIZAMOS DE MANERA EXPLÍCITA O IMPLÍCITA INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN, NINGUNA GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN O USO PARTICULAR Y NO ASUMIMOS NINGUNA RESPONSABILIDAD EN RELACIÓN AL USO QUE SE LE DÉ A ESTA INFORMACIÓN. ESTA INFORMACIÓN NO DEBE SER TOMADA COMO UNA AUTORIZACIÓN BAJO LA CUAL OPERAR O UNA RECOMENDACIÓN PARA VIOLAR CUALQUIER PATENTE O INFORMACIÓN TÉCNICA DE DUPONT O DE TERCEROS.

El logotipo oval de DuPont, DuPont®, Tyvek® y Tychem® son marcas registradas de E.I. du Pont de Nemours and Company o sus subsidiarias.

DuPont® Tychem® QC

APÉNDICE J

PLANOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA EL ÁREA DE RECARGA DE BATERÍAS.



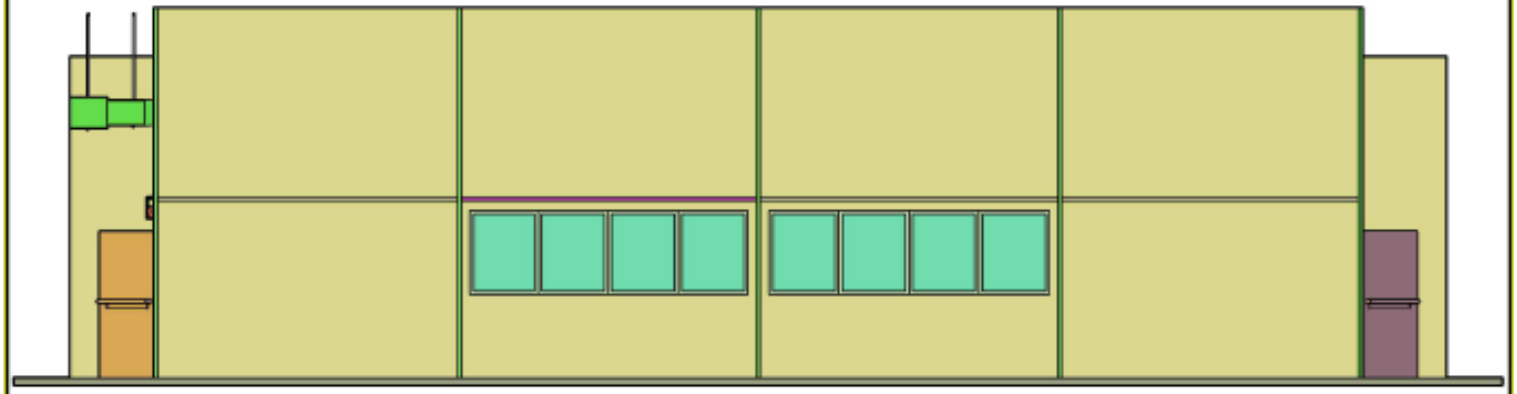
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (VISTA FRONTAL)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



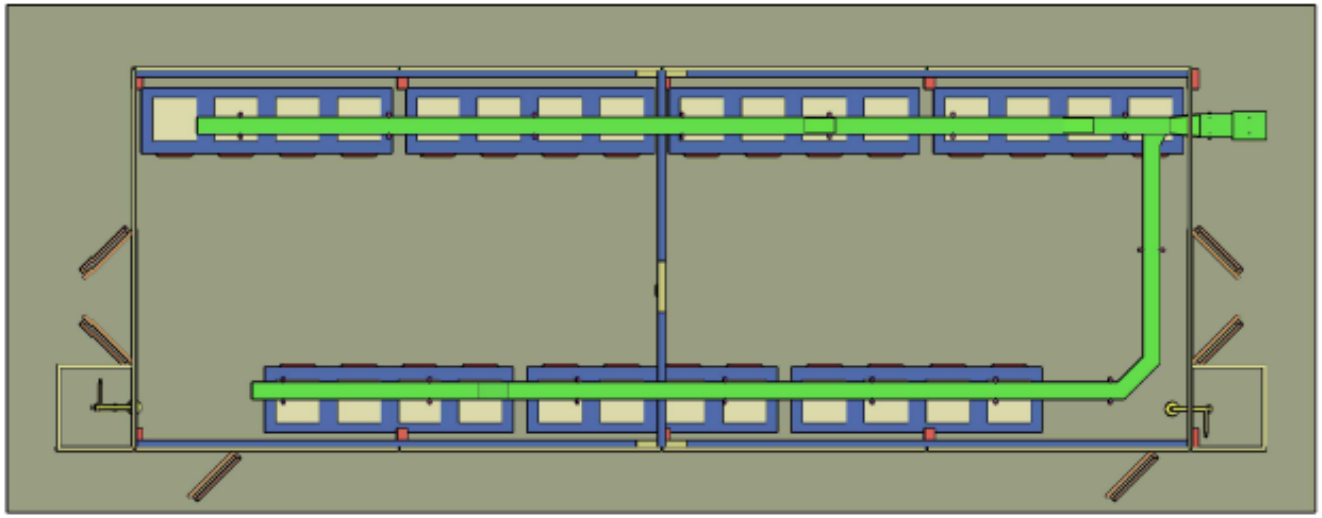
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (VISTA POSTERIOR)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (VISTA SUPERIOR)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL

SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (VISTA LATERAL IZQ.)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL

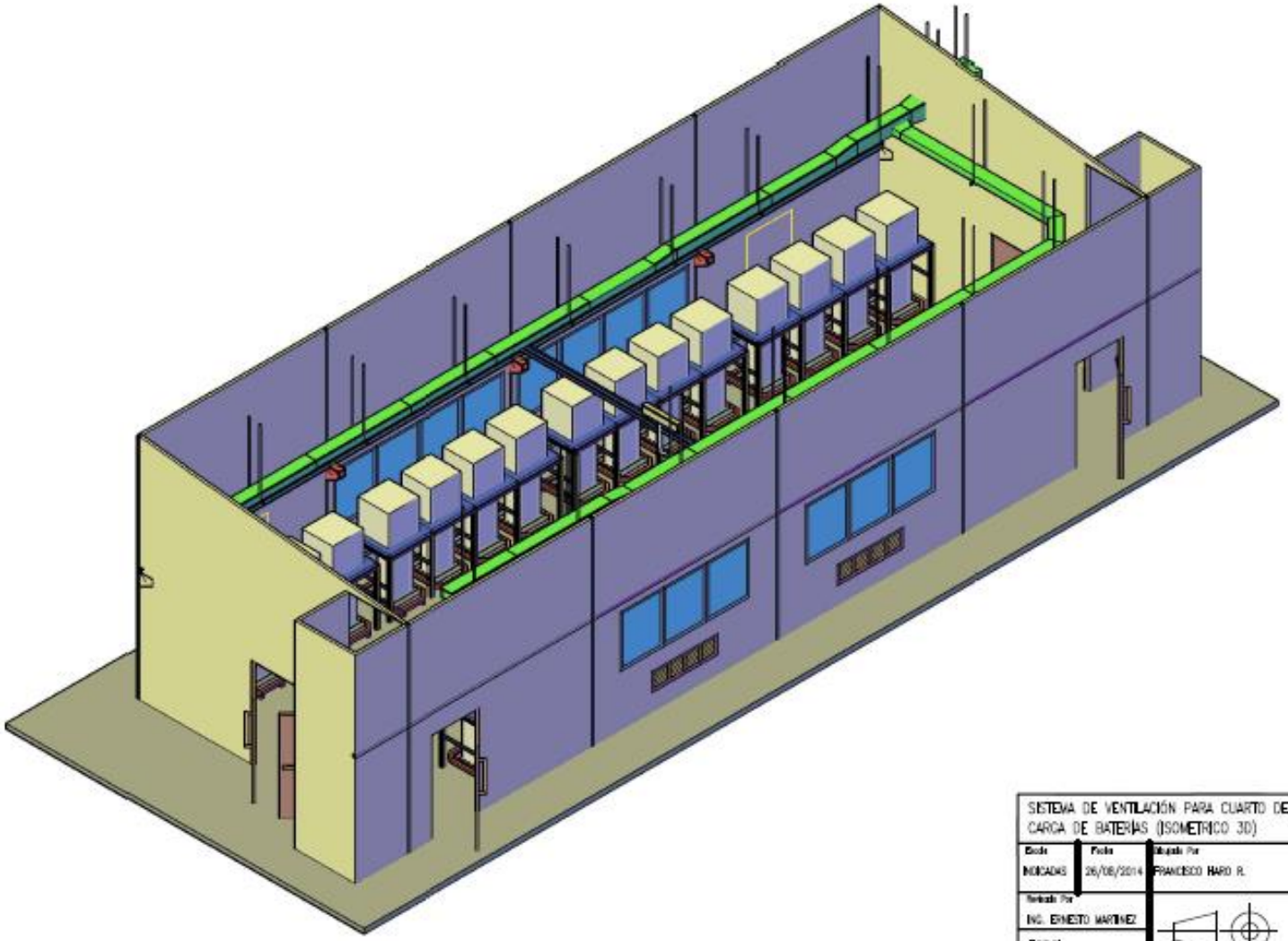
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (VISTA LATERAL DER.)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



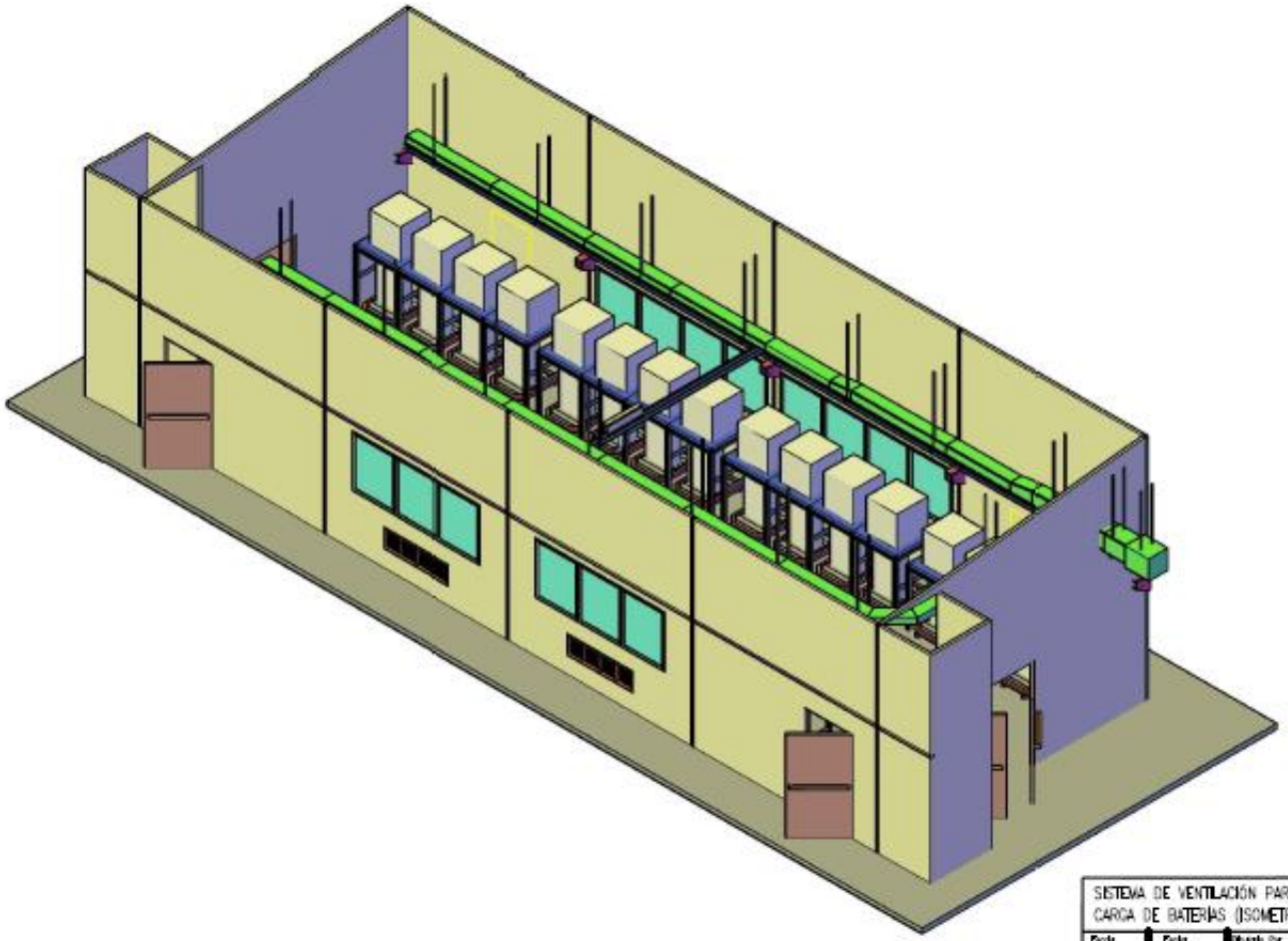
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (ISOMETRICO 3D)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



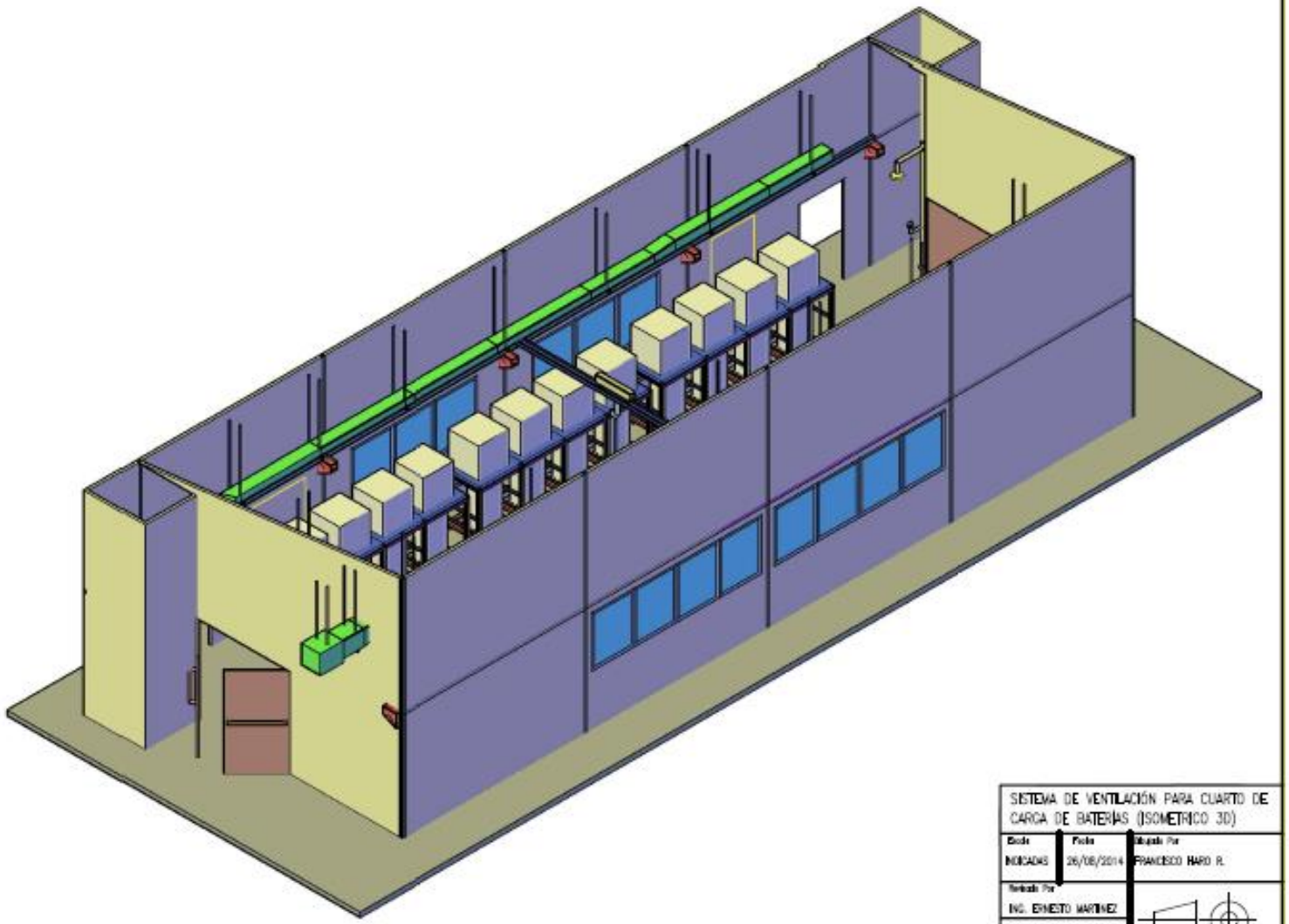
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (ISOMETRICO 3D)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



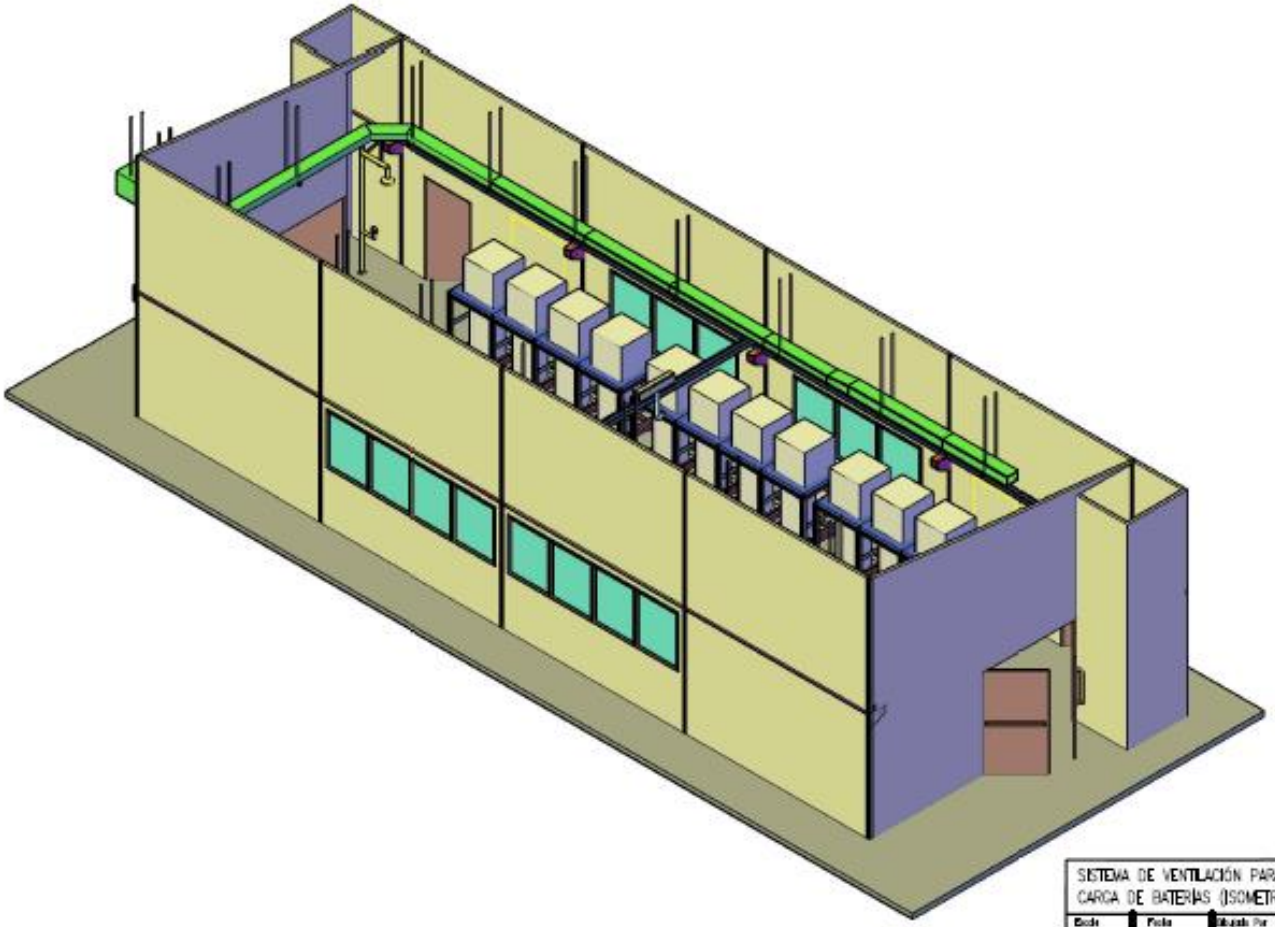
SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (ISOMETRICO 3D)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL



SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA CUARTO DE CARGA DE BATERÍAS (ISOMETRICO 3D)

Escala	Fecha	Dibujado Por
INDICADAS	26/08/2014	FRANCISCO HARO R.

Revisado Por

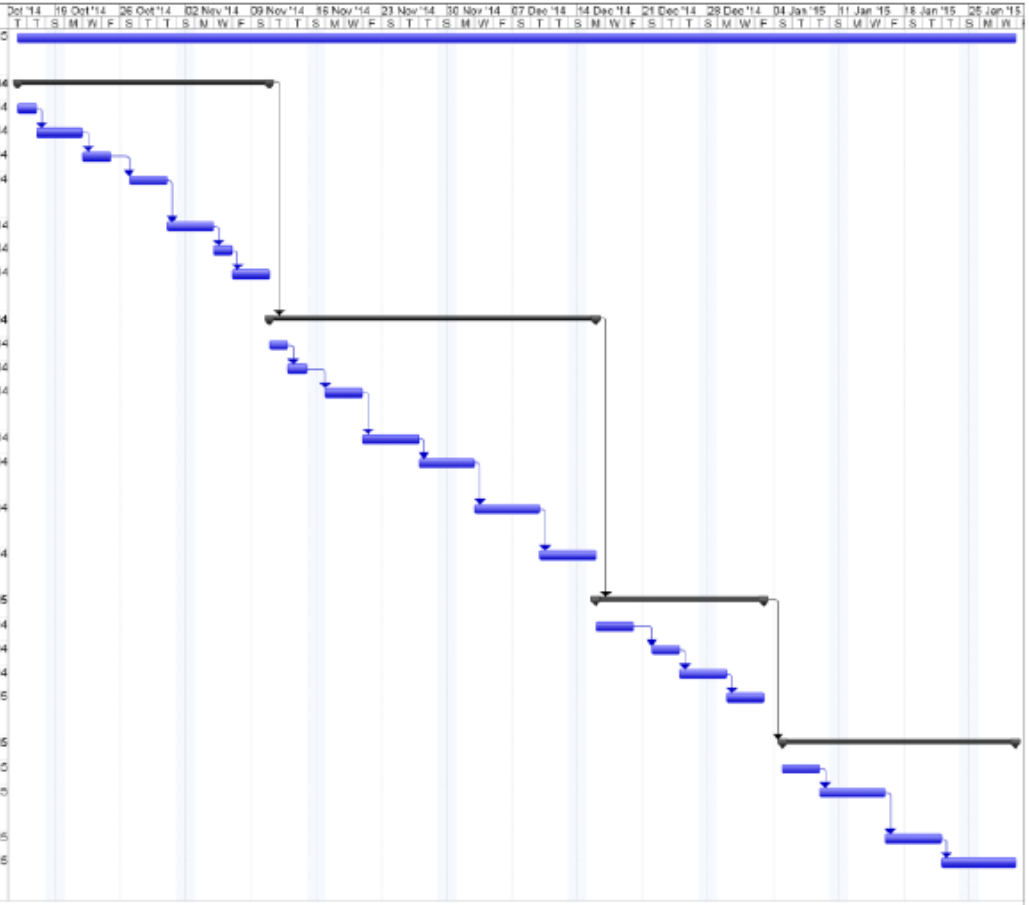
ING. ERNESTO MARTINEZ

ESPOL

APÉNDICE K

DIAGRAMA DE GANTT CON LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Sistema de ventilación para cuarto de baterías	77 days?	Wed 15/10/14	Thu 29/01/15
2	**Definición**	**19 days?**	**Wed 15/10/14**	**Mon 10/11/14**
3	Priorización de proveedores	2 days?	Wed 15/10/14	Thu 16/10/14
4	Selección de proveedores	3 days?	Fri 17/10/14	Tue 21/10/14
5	Validación de costos del proyecto	3 days?	Wed 22/10/14	Fri 24/10/14
6	Definir equipo multidisciplinario de trabajo	4 days?	Mon 27/10/14	Thu 30/10/14
7	Definir alcance del proyecto y tiempos	3 days?	Fri 31/10/14	Tue 04/11/14
8	Establecimiento de actividades clave	2 days?	Wed 05/11/14	Thu 06/11/14
9	Plan de capacitación de los participantes	2 days?	Fri 07/11/14	Mon 10/11/14
10	**Preparación**	**25 days?**	**Tue 11/11/14**	**Mon 15/12/14**
11	Ordenes de compra a proveedores	2 days?	Tue 11/11/14	Wed 12/11/14
12	Coordinación de actividades	2 days?	Thu 13/11/14	Fri 14/11/14
13	Inducción de Seguridad Industrial y medio ambiente	4 days?	Mon 17/11/14	Thu 20/11/14
14	Evaluación de Peligros / Riesgos	4 days?	Fri 21/11/14	Wed 26/11/14
15	Evaluación de Aspectos / Impactos ambientales	4 days?	Thu 27/11/14	Tue 02/12/14
16	Inducción de Calidad y BPF's dentro de la planta	5 days?	Wed 03/12/14	Tue 09/12/14
17	Zonas de trabajo para cada proveedor en planta	4 days?	Wed 10/12/14	Mon 15/12/14
18	**Sistema de ventilación**	**14 days?**	**Tue 16/12/14**	**Fri 02/01/15**
19	Fabricación e instalación de ductos	4 days?	Tue 16/12/14	Fri 19/12/14
20	Instalación de rejillas y louvers	3 days?	Mon 22/12/14	Wed 24/12/14
21	Instalación de soportes para equipo	3 days?	Thu 25/12/14	Mon 29/12/14
22	Instalación de extractor, puesta en marcha y pruebas	4 days?	Tue 30/12/14	Fri 02/01/15
23	**Complementarios**	**19 days?**	**Mon 05/01/15**	**Thu 29/01/15**
24	Instalación de señalización	4 days?	Mon 05/01/15	Thu 08/01/15
25	Puesta en sitio de instrumentos de mantenimiento	5 days?	Fri 09/01/15	Thu 15/01/15
26	Accesorios y equipos de seguridad	4 days?	Fri 16/01/15	Wed 21/01/15
27	Entrenamiento formal a operadores y técnicos del área	6 days?	Thu 22/01/15	Thu 29/01/15



Project: Diagrama de Gantt de Hitos d
Date: Mon 15/09/14

Task · Split · Milestone · Summary · Project Summary · External Tasks · External Milestone · Inactive Task · Inactive Milestone · Inactive Summary · Manual Task · Duration-only · Manual Summary Rollup · Manual Summary · Start-only · Finish-only · Progress · Deadline

BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE, Handbook Fundamentals (SI). Duct Design, 2005.
2. CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978.
3. ENERSYS, Instructions for installation, operation and maintenance of lead – acid batteries in motive power service. Section 28.00. 2007.
4. ENERSYS, Lead Acid Batteries and Chargers for Industrial Trucks. Section 20.02. 2009.
5. GREENHECK, Fundamentos de Ventilación, 1999.
6. GREENHECK, Ventiladores centrífugos en línea, modelos SQ y BSQ. Transmisión directa y por banda, 2005.
7. Hydrogen concentration worksheet. **http://www.cisco-inc.com/battery/hydrocon/**
8. SALVADOR ESCODA S.A., Manual Práctico de Ventilación, 2ª Edición, Barcelona – España 2002.

9. SMACNA, HVAC Duct Construction Standards. Metal and Flexible. Second Edition, 1995.