



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Estudio y Análisis de Climatización para Oficinas, Laboratorios y
Planta de Proceso de una Empresa Productora de Atún Enlatado
y Lonjas en Manta”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Pedro Miguel Hidalgo Alava

Ángel Modesto Medina Santillán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto, a mis padres por su apoyo, al Ing. Jorge Duque por ser excelente guía en el proceso y a todos los que fueron apoyo incondicional para culminar este trabajo de forma exitosa. Agradezco además a la empresa SEAFMAN C.A. quienes han sido base para el despegue de mi carrera profesional.

Pedro Hidalgo Álava.

En primer lugar a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto; en segundo lugar a mis padres por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Por último a mi compañero de tesis porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento, Ing. Jorge Duque.

Ángel Medina Santillán

DEDICATORIA

A mis padres, abuela, novia y profesionales que me ayudaron y motivaron durante este proceso de formación profesional.

Pedro Hidalgo Álava

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres, a mis familiares y a mi novia. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora.

Ángel Medina Santillán.

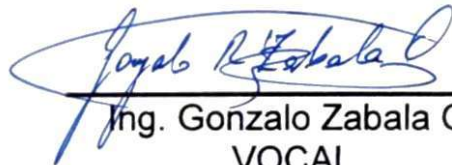
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



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



Ing. Jorge Duque R.
DIRECTOR

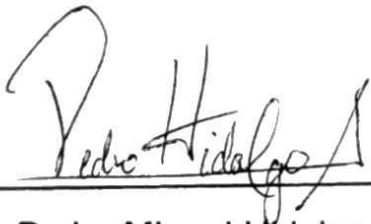


Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

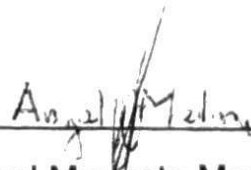
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Pedro Miguel Hidalgo Álava



Ángel Modesto Medina Santillan

RESUMEN

Diferentes tipos de espacios requieren diferentes condiciones de confort térmico. Lograrlas en muchos casos requiere el uso de equipos para acondicionamiento de ambientes. Una situación compleja ocurre cuando se requiere seleccionar los sistemas de acondicionamiento para aplicaciones que tienen diferentes tipos de ambiente a controlar. Este tipo de situación se presenta en la industria atunera en general y de Manta en particular.

Los diferentes espacios de interés en la industria atunera en Manta son: laboratorio donde se realizan Análisis microbiológicos, Análisis de Calificación, Análisis Químico y Análisis de Agua; oficinas donde se encuentra la parte administrativa de los departamentos de aseguramiento de calidad y producción; sala de procesos donde se recibe la albacora (atún) pre cocida hasta llevarla al producto terminado, que puede ser enlatado o empacado al vacío.

Las normas que rigen el confort térmico en aplicaciones industriales, son las normas ASHRAE, mientras que el Código de Salud, basado en investigaciones de la OSHA, exige, para buenas prácticas de procesamiento de alimentos, condiciones ambientales controlables para asegurar la salud ocupacional de los colaboradores en las diferentes áreas. Adicionalmente,

para el caso de exportación a Estados Unidos y la Unión Europea, los productos y procesos deben cumplir con las normas FDA para garantizar la inocuidad del producto.

Esta tesis está orientada a realizar el diseño de un sistema de climatización para los diferentes espacios que requieren acondicionamiento, en la industria de atún en Manta, cumpliendo las normativas del ASHRAE, FDA y OSHA . El enfoque principal para la selección del sistema de climatización correcto, en este estudio, es la eficiencia energética.

Las oficinas y laboratorios disponen de equipos de aire acondicionado independientes que fueron seleccionados bajo un criterio básico de climatización, en las oficinas se requiere un correcto sistema con renovación de aire para garantizar el rendimiento laboral de los ocupantes y que su calidad de trabajo no sea afectada. , además de la renovación de aire, se requiere de un sistema compacto con filtración de aire y control bacteriano para poder asegurar, de esta manera, que los resultados obtenidos en los análisis no sean alterados. Dentro de la sala de procesos existen equipos de ventilación, estos equipos suministran aire del exterior sin poder garantizar una condición ambiental favorable para el proceso.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERACIONES BÁSICAS Y ANÁLISIS DEL LOCAL A

CLIMATIZAR.....	4
1.1. Características del local y fuentes de cargas térmicas (descripción general).....	4
1.1.1. Localización Geográfica.....	12
1.1.1.1. Puntos cardinales.....	14
1.1.1.2. Estructuras permanentes próximas.....	15
1.1.1.3. Superficies reflectantes.....	15
1.1.2. Aplicación del local (destino del local).....	16
1.1.3. Condiciones arquitectónicas.....	29
1.1.4. Ventanas, puertas, escaleras y huecos verticales.....	38

1.1.5. Ocupantes y alumbrado.....	56
1.1.6. Condiciones del entorno.....	64
1.1.7. Equipos y utensilios dentro del edificio.....	66
1.1.8. Renovación por aire exterior (ventilación).....	74
1.1.9. Almacenamiento térmico en el local.....	75
1.1.10. Frecuencia de operación.....	79
1.2. Requerimientos para la climatización del local.....	82
1.2.1. Requerimiento de salud ocupacional basados en normativa OSHA.....	83
1.2.1.1. Requerimientos de salud ocupacional en sala de proceso.....	84
1.2.1.2. Requerimientos de salud ocupacional en oficinas	87
1.2.1.3. Requerimientos de salud ocupacional en Laboratorios.....	89
1.2.2. Requerimiento de inocuidad del producto basados en normativa FDA.....	90
1.2.2.1. Requerimientos para producto pre cocido en sala de proceso.....	91
1.2.2.2. Requerimientos para producto en laboratorios.....	92
1.2.3. Requerimiento de bienestar térmico basados en normativa ASHRAE.....	93

1.2.3.1. Requerimientos de bienestar térmico en sala de proceso.....	95
1.2.3.2. Requerimientos de bienestar térmico en oficinas	97
1.2.3.3. Requerimientos de bienestar térmico en Laboratorios.....	98
1.2.4. Selección de requerimientos para diseño del sistema de climatización.....	100
1.2.4.1. Selección de requerimientos para diseño de sistema para sala de proceso.....	100
1.2.4.2. Selección de requerimientos para diseño de sistema para oficinas.....	102
1.2.4.3. Selección de requerimiento para diseño de sistema para laboratorios.....	104

CAPÍTULO 2

2. ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA A ACONDICIONAR.....	107
2.1. Definición de las cargas térmicas.....	107
2.1.1. Ganancias por insolación de las superficies de vidrio.....	115
2.1.2. Ganancias por transmisión de calor y vapor de agua a través de estructura del edificio.....	116
2.1.3. Ventilación e infiltraciones.....	121
2.1.4. Ganancias de calor interiores y debido a instalación.....	124

2.2. Cálculo de las cargas térmicas.....	143
2.2.1. Cargas térmicas por insolación de de las superficies de Vidrio.....	144
2.2.2. Cargas térmicas exteriores	145
2.2.3. Cargas térmicas interiores y debido a la instalación	147
2.2.4. Cargas térmicas totales.....	158
2.3. Verificación de resultados de cargas térmicas por medio de software Elite Software CHVACV7.0.....	159

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO PSICROMÉTRICO.....	170
3.2. Propiedades y procesos psicométricos	171
3.2.1. Temperatura del bulbo seco y humedad relativa	177
3.2.2. Temperatura de rocío de las unidades enfriadoras.....	179
3.2.3. Caudal de aire de suministro.....	184
3.2.4. Temperatura y humedades absolutas de entrada y salida de las unidades enfriadoras.....	187
3.2.5. Temperaturas de procesos de acondicionamiento de aire con recalentamiento.....	194
3.2.6. Potencia de Calentadores.....	198
3.2.7. Entalpía de aire húmedo.....	200
3.2.8. Potencia frigorífica de la unidad de tratamiento de aire....	203

3.2.9. Potencia frigorífica de la unidad de tratamiento de aire	
Usando recuperador de energía.....	206
3.3. Proceso Psicométrico del aire usando Elite Software - PsyChart	
V2.01.....	211
3.3.1. Proceso Psicométrico en sala de proceso.....	215
3.3.2. Proceso Psicométrico en oficinas.....	217
3.3.3. Proceso Psicométrico en laboratorios.....	218

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.....	220
4.2. Análisis preliminar de sistemas de climatización.....	221
4.2.1. Tipos de sistemas de climatización aplicables.....	222
4.1.1.1. Equipos tipo paquete con sistemas por expansión	
Directa.....	227
4.1.1.2. Equipos centralizados con sistemas por expansión	
Directa.....	229
4.1.1.3. Equipo enfriador de agua (Chiller con modulación	
de capacidad) con manejadoras de aire.....	231
4.1.1.4 Equipos Split de pared decorativos con sistemas por	
expansión directa y tecnología invertir.....	238
4.1.1.5. Equipos Roof Fan Coils decorativos centralizados	
con sistemas de volumen de refrigerante variable	
(V.R.V.).....	241

4.1.1.6. Equipos Roof Fan Coil con enfriador de agua (Chiller con modulación de capacidad).....	243
4.2.2. Selección de sistemas de climatización más eficientes Mediante criterios en base a características de los Sistemas.....	245
4.3. Diseño de sistemas de climatización.....	255
4.3.1. Diseño de sistema de climatización por enfriador de agua con modulación de capacidad para sala de proceso y Laboratorios.....	256
4.3.2. Diseño de sistema de climatización con tecnología V.R.V. para oficinas.....	267
4.3.3. Diseño de sistema de Ventilación.....	272
4.3.4. Diseño de sistema de recuperador de energía.....	279

CAPÍTULO 5

5. CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DISEÑADOS.....	283
5.3. Equipos e instalación.....	283
5.4. Eficiencia energética.....	298
5.5. Costos relacionados.....	300
5.5.1. Costo de equipos e instalación.....	301
5.5.2. Costo de operación.....	308

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	311
--	-----

APÉNDICES**BIBLIOGRAFÍA**

SIMBOLOGÍA

ΔT	Diferencia de temperatura.
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning.
ASTM	American Society for Testing and Materials
FDA	Food and Drug Administration
OSHA	Occupational Safety and Health Administration.
OTM	Osha Technical Manual
CFM	Cubic feet per minute
CLTD	Cooling load temperature difference calculation method
VOC	Volatile Organic Compounds
A	Area
SC	Coeficiente de sombra para tipo de vidrio
SHGF	Factor de ganancia de calor por orientación de superficie.
CLF	Factor de carga de enfriamiento con/sin sombra
CLF	Factor Lumínico de Carga de Enfriamiento
U	Coeficiente de diseño de transferencia de Calor
qt	Calor Total
qs	Calor Sensible
ql	Calor Latente
Wlamp	Potencia de lámparas
Fu	Factor de uso lumínico
Fs	Factor de Permisibilidad
FI	Factor de carga
T	Temperatura de bulbo seco
Th	Temperatura de bulbo húmedo
Tr	Temperatura de rocío

ϕ	Humedad relativa
W	Humedad absoluta
h	Entalpía de Aire Húmedo
FCSE	Factor de calor sensible efectivo
$\dot{m}$	Flujo másico
f	Factor de By-Pass
$\dot{V}$	Caudal de aire de suministro
h	Entalpía
Nr	Potencia frigorífica
VRV	Volumen de Refrigerante Variable
VPF	Caudal variable en primario
De	Diámetro equivalente
ΔP	Pérdida de carga
f	Factor de fricción
L	Longitud del ducto
V	Velocidad
C	Coeficiente de pérdida en accesorios
ρ	Densidad del aire

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Localización geográfica y condiciones climáticas de la ciudad de Manta.....	14
Figura 1.2 Superficies reflectantes existentes en áreas a Climatizar.....	16
Figura 1.3 Delimitación de área de oficinas administrativas de Producción.....	32
Figura 1.4 Delimitación de área de oficinas administrativas de aseguramiento de calidad.....	34
Figura 1.5 Delimitación de área de laboratorios.....	37
Figura 1.6 Foto de exteriores de áreas a climatizar y adyacentes.....	66
Figura 1.7 Fotos referenciales de equipos y tuberías dentro de sala de proceso.....	73
Figura 1.8 Foto de arreglo de ventiladores de suministro de aire.....	75
Figura 1.9 ASHRAE Zonas de confort para invierno y verano.....	94
Figura 2.1 Componentes básicos de las cargas de calentamiento y enfriamiento.....	109
Figura 2.2 Pantalla de trabajo para editar datos generales de proyecto – CHVAC V0.7.....	161
Figura 2.3 Pantalla de trabajo para editar perfiles de operación de carga – CHVAC V0.7.....	162
Figura 2.4 Pantalla de trabajo para editar condiciones de diseño internas/externas – CHVAC V0.7.....	163
Figura 2.5 Pantalla de trabajo para editar información maestra – CHVAC V0.7.....	164
Figura 2.6 Pantalla de trabajo para editar información de manejadora de aire – CHVAC V0.7.....	165
Figura 2.7 Pantalla de trabajo para editar información de zonas –	

	CHVAC V0.7.....	166
Figura 2.8	Pantalla de trabajo para editar información de pleno – CHVAC V0.7.....	166
Figura 2.9	Cargas térmicas “hora a hora” de sala de proceso / Incidencia porcentual – CHVAC V7.0.....	167
Figura 3.1	Diagrama Psicométrico.....	172
Figura 3.2	Esquema de una instalación de proceso típico de enfriamiento de aire.....	173
Figura 3.3	Representación gráfica del proceso de enfriamiento del aire	174
Figura 3.4	Proceso de Acondicionamiento de Aire con Recalentamiento.....	176
Figura 3.5	Representación gráfica del proceso de acondicionamiento de aire con recalentamiento.....	177
Figura 3.6	Diagrama de recuperador de energía GreenHeck.....	206
Figura 3.7	Pantalla de trabajo de GreenHeck CAPS.....	207
Figura 3.8	Pantalla inicial de PsyChart 2.01.60 con sistema métrico y sistema ingles.....	212
Figura 3.9	Gráfica y Reporte de PsyChart 2.01.60 para Sala de Proceso.....	214
Figura 4.1	Equipo de climatización tipo Paquete con sistema de expansión directa.....	228
Figura 4.2	Sistema de climatización centralizado con manejadoras de aire.....	230
Figura 4.3	Equipo Enfriador de Agua marca York (Enfriado por aire)....	233
Figura 4.4	Sistema Primario/Secundario (PFS).....	235
Figura 4.5	Sistema de Caudal Variable en Primario (VPF).....	236
Figura 4.6	Consumo vs. Capacidad en equipos de tecnología “Inverter”	239
Figura 4.7	Equipo acondicionador de aire tipo Split.....	240
Figura 4.8	Equipo con sistema VRV y su variedad de tipo de Evaporadores.....	242
Figura 4.9	Ilustración de Sistema de Climatización con Enfriador de	

	agua y Fan Coils.....	244
Figura 4.10	Diagrama de manejadora y ventana de ingreso de datos Elite Software – CHVAC Solution PRO.....	259
Figura 4.11	Diagrama de roof fan coil y ventana de ingreso de datos Elite Software – CHVAC Solution PRO.....	261
Figura 4.12	Diagrama de enfriadores de agua (chillers) y ventana de ingreso de datos Elite Software – CHVAC Solution PRO....	262
Figura 4.13	Diagrama de bombas y ventana de ingreso de datos Elite Software – CHVAC Solution PRO.....	263
Figura 4.14	Pantalla principal de Elite Software – CHVAC Solution PRO.....	264
Figura 4.15	Pantalla principal de ingreso de datos CAPS – Engineer (GreenHeck).....	269
Figura 4.16	Esquema básico de sistema de distribución de aire Acondicionado.....	273
Figura 4.17	Pantalla principal de ingreso de datos CAPS – Engineer (GreenHeck).....	280
Figura 5.1	Rangos para clasificación energética – Etiquetado energético Unión Europea.....	299

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Rangos Aceptables de exposición del atún a diferentes temperaturas.....	91
Tabla 2 Rango de Temperatura de las zonas a climatizar.....	111
Tabla 3 Zonificación de las áreas de interés.....	111
Tabla 4 Características de vidrio simple de 6 mm de espesor al Exterior.....	116
Tabla 5 Características para cálculo de diferentes tipos de techo.....	119
Tabla 6 Características para cálculo de diferentes tipos de paredes externas.....	121
Tabla 7 Rangos de ventilación de aire ambiente.....	122
Tabla 8 Caudales de aire para ventilación en zonas a climatizar.....	122
Tabla 9 Cargas térmicas para personas en las diferentes zonas a climatizar.....	126
Tabla 10 Descripción de lámparas en zonas a climatizar.....	129
Tabla 11 Factores para cálculo de cargas de luminarias.....	131
Tabla 12 Características de potencia y factores de uso por equipos.....	133
Tabla 13 Características de motores en sala de proceso.....	135
Tabla 14 Características de equipos informáticos de oficina.....	137
Tabla 15 Características para cálculo de diferentes tipos de paredes interiores	138
Tabla 16 Características de vidrio simple interiores de 6 mm de espesor.....	142
Tabla 17 Cargas térmicas por vidrios exteriores.....	144
Tabla 18 Cargas térmicas por techos.....	145
Tabla 19 Cargas térmicas por paredes exteriores.....	146
Tabla 20 Cargas térmicas por personas.....	148
Tabla 21 Cargas térmicas por iluminación.....	150
Tabla 22 Cargas térmicas por equipos varios.....	151
Tabla 23 Cargas térmicas por motores.....	153
Tabla 24 Cargas térmicas por equipos informáticos.....	154
Tabla 25 Cargas térmicas por paredes interiores.....	156
Tabla 26 Cargas térmicas por vidrios interiores.....	157
Tabla 27 Cargas térmicas por totales por zonas.....	158
Tabla 28 Temperaturas y humedades relativas para zonas y ambiente...	168
Tabla 29 Temperaturas y humedades relativas para zonas y ambiente...	178

Tabla 30	Temperatura de rocío de los enfriadores.....	182
Tabla 31	Caudal de aire de suministro.....	186
Tabla 32	Temperaturas y humedades absolutas del aire a la entrada de la unidad enfriadora.....	191
Tabla 33	Temperaturas y humedades absolutas del aire a la salida de la unidad enfriadora.....	193
Tabla 34	Temperaturas y humedades absolutas del aire a la entrada de la unidad enfriadora con recalentamiento.....	197
Tabla 35	Temperaturas y humedades absolutas del aire a la salida de la unidad enfriadora con recalentamiento.....	198
Tabla 36	Potencia de fuentes de calor sensible para proceso de acondicionamiento de aire con recalentamiento.....	199
Tabla 37	Entalpía del aire en condiciones de entrada y salida de las unidades enfriadoras.....	201
Tabla 38	Potencia frigorífica de las zonas en BTU/h y Toneladas de Refrigeración.....	205
Tabla 39	Potencia frigorífica de las zonas en BTU/h y Toneladas de Refrigeración con recuperador de energía.....	208
Tabla 40	Diferencia de potencias frigoríficas luego del uso del recuperador de energía en BTU por hora.....	210
Tabla 41	Comparación de resultados de estudios psicométricos para sala de proceso de cálculo manual y mediante el uso de PsyChart..	216
Tabla 42	Comparación de resultados de estudios psicométricos para oficinas de cálculo manual y mediante el uso de PsyChart.....	217
Tabla 43	Comparación de resultados de estudios psicométricos para laboratorios de cálculo manual y mediante el uso de PsyChart.	219
Tabla 44	Calificación de los Sistemas de Climatización de acuerdo a sus propiedades para cada criterio.....	246
Tabla 45	Importancia de criterios (porcentual) para Grupo 1.....	247
Tabla 46	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 1.	248
Tabla 47	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 1 Normalizada.....	249
Tabla 48	Importancia de criterios (porcentual) para Grupo 2.....	250
Tabla 49	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 2	251
Tabla 50	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 2 Normalizada.....	251
Tabla 51	Importancia de criterios (porcentual) para Grupo 3.....	253
Tabla 52	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 3	253

Tabla 53	Selección de equipos/sistemas de climatización para Grupo 3 Normalizada.....	254
Tabla 54	Sistemas de climatización más convenientes para cada aplicación en particular.....	255
Tabla 55	Velocidades y caídas de presión permitidas.....	274
Tabla 56	Resumen de materiales para instalación de sistema de climatización.....	289
Tabla 57	Requerimientos técnicos para instalación de sistema de climatización.....	294
Tabla 58	Cálculo de SEER con recuperador de energía y sin recuperador de energía.....	300
Tabla 59	Costos de equipos e instalación.....	302
Tabla 60	Costos de operación energéticos y ahorro en 5 años.....	309
Tabla 61	Cálculo de Costo de mantenimiento anual.....	310

INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha demostrado que la salud ocupacional de la mano con el bienestar de las personas en sus puestos de trabajo tienen una relación directa con la productividad de las empresas donde realizan sus actividades cotidianas, de esta manera, por la condiciones comunes de trabajo que se pueden encontrar en las salas de proceso, oficinas y laboratorios de los modelos de empresas atuneras de la zona costera del Ecuador, se pudo encontrar que en su mayoría existe el problema de elevadas temperaturas y humedades relativas como resultado del proceso, estas condiciones no son favorables para el correcto desempeño de las actividades de los trabajadores y por lo tanto para la producción. Luego de identificar la problemática se decidió estudiar y analizar las diferentes posibilidades para solucionar el problema de salud ocupacional y bienestar térmico, respetando las normativas alimenticias del FDA, siguiendo las normas y estándares OSHA y ASHRAE respectivamente.

La tesis se enfoca en realizar la estimación de las cargas térmicas para la climatización de los diferentes espacios de interés común del modelo de empresas atuneras en la ciudad de Manta, respetando los requerimientos de las normativas FDA, OSHA y ASHRAE, logrando disminuir las cargas térmicas aplicando criterios de diseño propuestos previamente justificados,

para continuar con la pre selección de sistemas de climatización y en base a esto realizar los diseños que logren garantizar el bienestar térmico de los ocupantes de las diferentes áreas y asegurar que la calidad del producto no se vea afectada por la selección final teniendo un consumo energético mínimo por parte del sistema. Para alcanzar el objetivo planteado estudiado específicamente una empresa de producción de atún enlatado y lonjas que cumple con la infraestructura y proceso del modelo de interés en la ciudad para posteriormente generalizar los resultados finales para las demás empresas dentro del área en estudio.

Inicialmente se analizan las condiciones iniciales básicas del local a climatizar, identificando las actividades realizadas comúnmente, los equipos de trabajo, las vestimentas, temperaturas y humedades relativas internas, las características meteorológicas de la ciudad, entre otras. La infraestructura del local está compuesta por sala de proceso, oficinas y laboratorios específicamente.

Posteriormente se seleccionan los requerimientos de diseño basados en las diferentes normativas de interés llegando a una selección final dada por los rangos comunes de las normas alimenticias, de salud ocupacional y acondicionamiento de aire.

Luego se realizará el análisis de cargas térmicas proponiendo cambios en las infraestructuras para aminorar las cargas innecesarias que se verá reflejado en el tamaño de los equipos y por lo tanto en el consumo energético del diseño final. A continuación se realiza el análisis psicométrico con los requerimientos finales para proceder con el pre selección de los equipos y el análisis de la mejor opción para cada una de las áreas.

El objetivo final es encontrar el diseño del sistema que consuma la menor cantidad de energía posible y que permita cumplir con el bienestar térmico de los ocupantes de las diferentes áreas.

Una vez encontrado el diseño final se generaliza el caso recalando las ventajas encontradas mediante el uso de un sistema recuperador de energía y sistemas de climatización de última tecnología.

CAPÍTULO 1

1. CONSIDERACIONES BÁSICAS Y ANÁLISIS DEL ÁREA A CLIMATIZAR

1.1. Características del Local y Fuentes de Cargas Térmicas (Descripción General)

El modelo de fábrica que se va a analizar en este estudio procesa atún en lata y lonjas como producto final.

El estudio se enfoca en cada una de las áreas para este modelo de fábrica, donde se tiene las oficinas administrativas, laboratorios y sala de proceso del producto final, esta sala tiene mayor énfasis en el estudio debido que tiene un mayor número de ocupantes y una carga térmica muy variable. El problema actual es poder proporcionar el bienestar térmico para cada una de las áreas.

Identificado el problema, existen muchas soluciones posibles para el mismo. Dentro de ellas, se debe encontrar la solución que cumple con el mayor ahorro energético, sin alterar el producto final.

Los colaboradores pasan muchas horas en sus áreas de trabajo, por esta razón es importante poder tener un correcto sistema de climatización, a fin de explotar las capacidades de cada uno de los mismos. Se logrará que el proceso sea mucho más productivo. Este ambiente de bienestar térmico pretende controlar la temperatura y humedad, principales aspectos para el trabajo de una persona.

Este estudio se toma como modelo para cálculos y selección de criterios ingenieriles tomando el caso real de una empresa específica y luego poder realizar generalidades correspondientes de acuerdo a los resultados obtenidos, tomando en cuenta que las empresas atuneras cercanas tienen infraestructura similar.

Cada una de las áreas tienen condiciones de trabajo diferentes, por esta razón se analizará cada una de ellas individualmente.

Sala de Proceso:

Actualmente, en la Sala de Proceso se encuentran 7 ventiladores de suministro contruidos localmente que suministran 22.700 metros cúbicos por hora individualmente y 16 extractores eólicos

distribuidos simétricamente sobre la sala de proceso que extraen 3.400 metros cúbicos por hora individualmente por diseño con el máximo diferencial de temperatura entre la temperatura a nivel del piso y la temperatura a nivel del tumbado.

El área de proceso es una sala con dimensiones aproximadas de 121.50 x 115.00 x 23.00 pies, la cual tiene diferentes áreas adyacentes que son parte de la línea de producción: Preparación del producto, Pre-cocción, Cuartos de enfriamiento del producto pre-cocido, Esterilización (Autoclaves) y Congeladores de Placas.

La línea de producción trabaja de tal forma que en el área de Repesaje se receipta la materia prima de los frigoríficos a una temperatura máxima de 16°F para luego ser transportada al área de descongelamiento de tal forma que la materia prima alcance una temperatura promedio de 68°F garantizando que se encuentre totalmente descongelada para proceder a retirar las vísceras ingresarlo al proceso de pre-cocción en las pre-cocinas que usan vapor para que el producto llegue a temperaturas de 212°F por un lapso de tiempo determinado directamente proporcional al tamaño del producto. Una vez que el producto ha sido pre-cocido es transportado al área de Rociado donde se logra enfriarlo hasta una temperatura promedio de 120°F mediante el uso de aire y agua para luego ser almacenado en los Cuartos de Enfriamiento (Chill

rooms) donde la temperatura ambiente es menos a 70°F previo al ingreso a la sala de proceso.

Cuando el producto ingresa a la sala de proceso pasa inicialmente por las mesas de limpieza de pescado donde se retira la piel de pescado y se separa el lomo de los huesos, el lomo y el producto recuperado se transforma en producto en espera previo a ser llevado a las líneas de enlatado o empacado en vacío de donde se obtienen los productos Atún Enlatado y Lonjas Congeladas. El atún enlatado, en su línea de producción previa, debe pasar por el proceso de líneas de llenado de latas, dosificadoras de líquido, cerradoras y limpiadores de lata y a partir de este punto el producto ya es transportado a través de rieles y transportadores de banda hacia el área de esterilización (Autoclaves).

Para poder analizar de un manera más compacta se realizaron agrupaciones de los diferentes equipos que conforman una sola línea que trabaja en conjunto independientemente de las otras líneas a pesar de ser dependiente de la línea de producción general:

- Siete líneas de limpieza de pescado conformadas por transportadores de banda planos con motores de 5 hp de potencia cada una.

- Tres líneas de enlatado, conformadas cada una de ellas por un transportador de latas de cordón, una llenadora, un dosificador, una cerradora, un lavador de latas y un transportador de latas magnético para enviar el producto hacia autoclaves.
- Existe iluminación en cada una de las mesas de limpieza, además en las diferentes áreas de selección de materia prima y líneas de enlatado teniendo un total de 430 luminarias de tubos fluorescentes, cada una de dos tubos de 32 W de potencia cada uno, además existe iluminación natural por medio de filtraciones de luz por el techo y ventanas que existen a un costado de la sala de procesos.
- El producto que es empacado al vacío para congelación pasa por una máquina de termo-encogido. Esta máquina trabaja con una bomba de vacío y líneas de vapor principalmente.
- Durante las horas pico de proceso llegan a trabajar un máximo de 800 colaboradores con desgaste físico leve ya que las mujeres que trabajan seleccionando el producto lo hacen en posición de pie para despellejar, cortar y deshuesar; los demás colaboradores se encuentran en constante movimiento llevando producto terminado a las llenadoras, limpiando la sala de proceso o reparando maquinaria. Durante las horas de

almuerzo y merienda los colaboradores salen en un flujo de aproximadamente 300 personas por hora, dejando el área de proceso con dos tercios de los ocupantes totales durante un lapso de 2 horas.

- Actualmente se procesa, en el caso más extremo, hasta 10 toneladas de materia prima por hora, estando el atún en un flujo continuo constante con una temperatura promedio de 74°F. El producto varía específicamente en 3 tipos de atún: aleta amarilla (Yellow Fin), ojos grandes (Big Eyes) y Skit Jack, los cuales varían su peso desde 3 libras hasta más de 100 libras, a excepción del Skit Jack que solo se encuentra en un peso máximo de hasta 20 libras.

Actualmente en la sala de proceso están trabajando bajo una temperatura que varía entre 80°F y 90°F con una humedad relativa máxima de hasta 70%.

Oficinas Administrativas:

Actualmente en el área de oficinas se encuentran acondicionadores de aire tipo Split decorativo de pared para cada una de ellas.

Está conformada por dos secciones:

- Oficinas Administrativas de Producción
- Oficinas Administrativas de Aseguramiento de calidad

Las oficinas administrativas de producción se encuentran en el segundo piso del edificio y están adyacentes a la sala de proceso, separadas una de otra por paredes de construcción ligera constituidos por material Gypsum de 0,75 pulgadas de espesor y armazón interno de madera, las cuales se encuentran enlucidas y pintadas de color blanco, con una separación llena de aire de 4 pulgadas entre planchas y con vidrios sencillos claros de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor fijos de diferentes dimensiones de tal manera que se pueden ver todas las áreas entre si desde las diferentes oficinas, tal como se muestra en el plano 1 del ANEXO 1. En la actualidad estas oficinas se encuentran climatizadas con acondicionadores de aire tipo Split que trabajan con refrigerante freón R-410a. Dentro de estas oficinas trabajan los colaboradores encargados de garantizar que la producción sea capaz de cubrir la demanda del mercado que abarca la empresa y que los colaboradores obreros dispongan de todos los equipos necesarios en buen estado para poder desarrollar sus labores cotidianas.

Las oficinas administrativas de aseguramiento de calidad, a diferencia de las oficinas administrativas de producción se encuentran separadas por paredes de ladrillos macizos ordinarios de 0.75 pulgadas de espesor enlucidas y pintadas de color blanco. Al igual que las otras oficinas, tienen vidrios sencillos claros de $\frac{1}{4}$ "

de espesor que permiten visualizar todas las oficinas entre ellas tal como se muestra en los planos 2 y 3 del ANEXO 1. En la actualidad estas oficinas se encuentran climatizadas por acondicionadores de aire tipo Split que trabajan con refrigerante freón R-22. Dentro de estas oficinas trabajan los colaboradores encargados de la documentación y auditoría del cumplimiento de normas de seguridad alimenticia y calidad según lo indicado por la normativa ISO 22000 asegurando que el producto final sea completamente inocuo; es decir, apto para el consumo humano.

En todas estas oficinas administrativas no existe un sistema de ventilación, por lo cual el porcentaje de oxígeno en el aire y la concentración de gases no se encuentran dentro de los rangos aceptables dando como resultado problemas en el rendimiento de los colaboradores en sus actividades cotidianas.

Laboratorios:

Está conformado por cuatro secciones:

- Laboratorio de Microbiología
- Laboratorio de Grading
- Laboratorio de Análisis Químico
- Laboratorio de Análisis de Agua

Los laboratorios se encuentran en la planta baja del edificio, se tiene laboratorios de microbiología, grading (calificación), análisis químico y análisis de agua, todos son independientes dentro de un área común. Las paredes están formadas por ladrillos macizos comunes de 0,75 pulgadas de espesor enlucidos y pintadas de color blanco en las paredes internas y en las paredes externas por bloques de concreto de 8" de espesor enlucidos pintados de color blanco. Los vidrios son claros sencillos de 1/4" de espesor ubicados de tal forma que permiten visualizar todas las áreas entre ellas como se muestra en los planos 3 del ANEXO 1. Dentro de los laboratorios de análisis químico y análisis de agua se encuentra campanas de extracción, independientes, con un flujo de 400 pies cúbicos por minuto con la finalidad de extraer los gases de los químicos volátiles que usan en el laboratorio para las pruebas y se encuentran climatizados por acondicionadores de aire tipo Split que trabajan con refrigerante freón R-22 pero no existe un sistema específico de ventilación independiente.

Dentro de los diferentes laboratorios se realizan todos los experimentos necesarios para el agua, atún, aceite, recipientes, entre otros. Mediante estos experimentos se logra verificar el crecimiento microbiológico, comprobar la apariencia de la pastilla, analizar la consistencia y la penetración del líquido de cobertura,

verificar la concentración de los químicos que se encuentran normalmente en el producto.

1.1.1. Localización Geográfica

El estudio toma como punto de interés el sector atunero de la ciudad de Manta, que es justamente donde se encuentran ubicadas todas las fábricas procesadoras de pescado y mariscos en general, que consta de un área total de 10 cuadras (4 kilómetros cuadrados), dentro de una de ellas se encuentra las instalaciones de la fábrica a analizar como modelo con el conjunto de oficinas, laboratorios y sala de proceso en una construcción arquitectónica en conjunto. Las oficinas y laboratorios consta de dos plantas, planta baja y planta alta y la sala de proceso es una sola planta baja con un techo elevado a 23 pies de altura. La empresa está ubicada junto a la vía puerto – aeropuerto de la ciudad de Manta, exactamente en la parroquia los Esteros en la calle 124 y Av. 102, frente a la playa Los Esteros como se muestra en el plano 4 del ANEXO 1.

1.1.1.1. Puntos Cardinales

La ubicación geográfica, según los puntos cardinales, del parque del atún donde se encuentra ubicada la empresa en estudio es¹:

Latitud: -0° 57' 0.1" S (sur)

Longitud: -80° 42' 58.32" W (oeste)

Altitud: 28 pies sobre el nivel del mar

	Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1	January	87.3	83.4	74	60
2	February	89.4	84.5	74	60
3	March	90	85.7	74	60
4	April	90.5	85.9	74	60
	Winter:	0		0	

FIGURA 1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE MANTA²

¹ (INAMHI, "Anuario Meteorológico" <http://www.inamhi.gob.ec/>, 2013)

² ("CHVAC", Elite Software, 2013)

1.1.1.2. Estructuras Permanentes Próximas

Los edificios adyacentes a la sala de proceso y oficinas tienen la misma altura máxima en común, el ingreso a la sala de proceso se encuentra apuntando hacia el sur geográfico (S), mientras la entrada a las oficinas, laboratorios se encuentra apuntando al este geográfico (E). Una cámara frigorífica de lomos congelados con galpón y sala de compresores se encuentra al este geográfico (E) de esta zona, el área de enfriamiento de latas, Cuartos de Enfriamiento y Autoclaves se encuentra al oeste geográfico (O) de esta zona, la sección de Pre-cocinas y Rociado se encuentra al norte geográfico (N) de esta zona y el patio considerado como área libre para tránsito de personal se encuentra al sur geográfico (S), como se muestra en el plano 4 del ANEXO 1.

1.1.1.3 Superficies Reflectantes

Como superficies reflectantes son consideradas superficies de agua, arena, lugares de estacionamiento, entre otros relacionados, por lo que podemos identificar los de mayor impacto como las

superficies que se encuentran al norte del edificio a climatizar, como son la Playa de Tarqui que se constituye de mar y arena a 40 metros del área y la autopista Puerto-Aeropuerto que tiene 20 metros de ancho ubicada a lo largo del norte del área a climatizar.



**FIGURA 1.2 SUPERFICIES REFLECTANTES EXISTENTES
DEL EDIFICIO A CLIMATIZAR.³**

1.1.2. Aplicaciones del Local.

El local, como se ha mencionado anteriormente, es una planta procesadora de atún donde se consideran tres áreas importantes:

³ (Google Maps, <https://maps.google.com.ec/>, 2013)

Sala de Proceso: La sala de proceso es el lugar de la planta donde llega el atún pre-cocido proveniente de los cuartos de enfriamiento (Chillrooms) a una temperatura de 74°F eio. La materia prima ingresa a la sala y se dispone a despellejar y seleccionar el producto, separando la carne de los huesos de la manera más eficiente posible. Este proceso de selección se realiza en siete diferentes líneas principales y una línea auxiliar para “pedacería” donde llega el producto en trozos pequeños con huesos para ser separado, recuperar la más mínima cantidad de carne y hacer el proceso lo más eficiente posible.

Una vez seleccionado el producto, el mismo se lleva a una de las tres líneas de enlatado o a la línea de empaque de lomos al vacío. Las líneas de enlatado reciben el producto que pasará por las llenadoras de latas donde es prensado y cortado en forma de “pastillas” según la medida de la lata que se esté produciendo, luego que la lata se encuentra con el producto es llevada por un transportador con cadenas y cordón a través de la dosificadora que es la encargada de llenar de líquido de cobertura la lata. El líquido que dosifica este equipo puede ser agua, aceite de maíz, aceite de soya o aceite de girasol, dependiendo de la producción, y se debe

encontrar a una temperatura específica con la finalidad de que el líquido penetre en la pastilla de producto con mayor rapidez. Para el caso de producción con agua la temperatura promedio de 125 °F (51,6°C) y para el caso de producción con aceite (ya sea de maíz, soya o girasol) a una temperatura promedio de 155°F (68.3°C). Este líquido se almacena en piscinas abiertas en la parte inferior de los dosificadores constantemente calentado por líneas de vapor.

Cuando la lata se encuentra llena con la pastilla de producto y el líquido requerido por la producción, esta se lleva por un transportador de cadena hacia la cerradora, la cual se encarga de colocar la tapa (Easy open EZO o tapa plana TPL) y ejercer presión sobre la misma para proceder con el cierre de la lata. Luego de pasar por la cerradora la lata se encuentra con trazas de aceite y debe ser limpiada por lo que pasa a través de un lavador de latas donde agua a 176°F (80°C) es rociada sobre la lata dejándola libre de trazas de atún o aceite. Finalmente el producto se transporta por un transportador de bandas magnético hacia otro cuarto donde será codificado y esterilizado. Para la línea de empaque de lomos al vacío se coloca el producto dentro de fundas plásticas y se sellan las mismas, luego se hace pasar el

producto empaquetado por la máquina de vacío que trabaja con vapor.

El producto terminado de lonjas empacadas al vacío es luego transportado hacia la sala de los congeladores de placas a una temperatura promedio de 135°F (57.2°C). Dentro de la sala donde ocurre todo este proceso se encuentran obreros de producción y personal de control de calidad realizando diferentes funciones como la limpieza del piso, limpieza de líneas, limpieza de máquinas, transporte de producto terminado entre líneas y llenadoras, alimentación de materia prima hacia la sala, reparación de máquinas, operación de máquinas, supervisión de personal, pruebas del producto para asegurar la calidad en diferentes puntos de la línea de producción, entre otros.

Oficinas Administrativas de Producción: Dentro de las oficinas de producción se llevan a cabo todas las reuniones con los supervisores, jefes y personal exterior que se encuentra involucrado en el proceso, además se realiza todo el trabajo de escritorio, en computadora, selección y almacenamiento de documentos, pruebas con equipos sensibles de calibración, entre otras actividades típicas de oficina. Existe la siguiente distribución:

- Sala de Operaciones: Es una sala de reuniones donde se tratan temas de producción, proyectos, seguridad industrial y capacitaciones, las correctas renovaciones de aire son necesarias en el Sistema de Climatización.
- Oficina de Mantenimiento Preventivo: Esta oficina es donde se encuentra el coordinador de mantenimiento preventivo en conjunto con su respectivo asistente. Dentro de esta área se encargan de realizar toda la documentación correspondiente al mantenimiento preventivo y también la emisión de órdenes de trabajo para el personal de su departamento. Además, se realiza la verificación de la calibración de instrumentos como manómetros, termómetros, termo-registradores, entre otros.
- Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo: Se encuentra dentro de la oficina de mantenimiento preventivo, se encarga de coordinar los mantenimientos. Dentro de esta oficina se realizan trabajos en computadora, documentación y reuniones personales.

- Oficina de Directora de Operaciones: Es la oficina donde se encuentra la gerente de operaciones. Dentro de esta oficina se realizan reuniones y demostraciones para las áreas de producción y mantenimiento. También se realizan trabajos en computadora y documentación.
- Oficina de Proyectos: Dentro de esta oficina se encuentra el gerente de proyectos y se realizan reuniones con los contratistas para observar distintos puntos correspondientes a proyectos a realizarse en la empresa.
- Oficina de Investigación y Desarrollo: Dentro de esta oficina se realizan trabajos básicamente de documentación en computadora.
- Cuarto de Sistemas: Este cuarto se encuentra junto a las oficinas y es donde se encuentran los equipos de redes y telefonía. Por necesidad del departamento de sistemas este cuarto debe encontrarse a una temperatura efectiva y una humedad relativa adecuada para no tener problemas con los equipos. Además personal externo ingresa a este cuarto cuando es necesario a realizar trabajos en los equipos electrónicos del mismo. Este cuarto debe tener

un equipo de respaldo para mantener siempre las condiciones de climatización requeridas.

- Oficina de Asistentes de Directora de Operaciones Administrativas: Esta oficina se encuentra junto a la oficina de la Directora de Operaciones con acceso hacia la parte exterior del edificio. En esta oficina trabajan las asistentes de la directora de operaciones en documentación y organización.
- Oficina de Asistentes de Directora de Operaciones para proceso: Esta oficina se encuentra junto a la oficina de las Asistentes de directora de Operaciones Administrativas con acceso hacia la parte exterior del edificio. En esta oficina se encuentran las asistentes encargadas de manejar la parte administrativa de uniformes, personal, eventos, entre otras actividades relacionadas a proceso teniendo un flujo constante de personal que ingresa y sale de esta área. Dentro de esta oficina se realizan trabajos básicamente de documentación en computadora.

- Oficina de Supervisoras Generales de Packing: En esta oficina se encuentran las supervisoras del área de proceso para el personal que controla las líneas de selección de materia prima. En esta oficina hay un flujo de personal al inicio y final de los turnos debido a que se reúnen a organizar las producciones y el personal. Además realizan trabajo de documentación durante el día y la noche.
- Oficinas Administrativas de Aseguramiento de Calidad: En las oficinas administrativas de aseguramiento de calidad aparte de realizar las actividades de que se realizan en las oficinas de producción también se ven actividades que incluyen la manipulación de producto dentro de las mismas, como pueden ser muestras de latas abiertas de producto terminado, producto en fundas para muestras, cajas de producto terminado para selección y envío a laboratorios externos, entre otras actividades comunes. Existe la siguiente distribución:
- Oficina de supervisores ISO 22000: Dentro de esta oficina se encuentran los puestos de director de ISO 22000 y auditor interno de ISO 22000. En esta área, además de los

dos cubículos, se encuentra una bodega con toda la documentación correspondiente al cumplimiento de la ISO 22000 por parte de la empresa, es debido a toda esta documentación que dentro de la oficina se realizan reuniones con el personal de aseguramiento de calidad y producción para revisar la información necesaria en auditorías.

- Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad: En esta oficina la gerente realiza trabajos en el computador, además personal de aseguramiento de calidad tiene reuniones diarias durante la mañana y durante el transcurso del día llegan a presentar muestras de la producción.
- Oficina de Sanidad: Dentro de la oficina de sanidad se encuentra al jefe de sanidad, supervisor de sanidad y asistente de jefe de sanidad, todos realizan trabajos en la computadora y de documentación. Durante el transcurso del día llega personal de sanidad a presentar informes, una vez cada dos horas.

- Oficina de Documentación: En esta oficina está el personal de documentación, encargados de llenar todos los documentos necesarios por aseguramiento de calidad y pasar información que es entregada a ellos en físico a formato digital. Además dentro de esta oficina se preparan cajas de muestras que luego son enviadas a diferentes lugares. Hay constante flujo de colaboradores ingresando y saliendo de la oficina.

Todas estas oficinas antes mencionadas se encuentran en un segundo nivel de la planta y están todas comunicadas con un pasillo común, dos baños y dos salas de espera, uno para cada departamento.

- Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad: Esta oficina está ubicada en la planta baja, junto a los laboratorios y es donde se encuentra la jefa de aseguramiento de calidad realizando trabajos de documentación y recibiendo personal de laboratorios con resultados durante el transcurso del día.
- Oficina de Supervisores de Aseguramiento de Calidad: Dentro de esta oficina trabajan los supervisores de aseguramiento de calidad que están en constante

movimiento ya que deben ingresar a la sala de proceso y a los laboratorios para luego retornar a la oficina y realizar trabajos de documentación.

Laboratorios: Los laboratorios tienen la función principal de realizar análisis de todos los elementos que son usados dentro de la sala de proceso. Existen diferentes laboratorios con diferentes finalidades:

- Laboratorio de Microbiología: En este laboratorio se necesita que el aire este en su estado más puro con un porcentaje bajo de bacterias. Dentro del laboratorio de microbiología se realizan todos los experimentos necesarios para el agua, atún, aceite, recipientes, entre otros, para verificar el crecimiento microbiológico, existiendo un cuarto separado para cada uno de los elementos y experimentos que se realizan regularmente. Al momento, por la necesidad de tener calidad del aire lo más limpia posible, se tiene un generador de ozono junto a la salida del acondicionador de aire Split. Siempre dentro del área se encuentran los laboratoristas realizando experimentos continuos en los diferentes equipos.

- Laboratorio de Grading: En este laboratorio trabaja personal al cual le llega el producto terminado enlatado para realizar pruebas abriendo la lata y drenando todo el líquido para comprobar la apariencia de la pastilla, la consistencia y la penetración del líquido en la misma. Una vez que tienen los resultados realizan el trabajo de documentación ingresando la información encontrada en las pruebas a las computadoras.

- Laboratorio de Análisis Químico: Dentro de este laboratorio llegan muestras del producto en lata y en fundas para realizar pruebas químicas verificando que la concentración de los químicos que se encuentran normalmente en el producto se encuentren dentro del rango permitido por la FDA. Realizan además pruebas químicas a los diferentes aceites que se usan para la producción. Una vez que tienen los resultados de los experimentos, el personal de análisis químico procede a documentar los datos de manera digital.

- Laboratorio de Análisis de Agua: En esta oficina llegan muestras del agua de diferentes puntos de la empresa, ya sea del área de proceso o de las cisternas exteriores, para realizar pruebas de concentración de cloro, carbonato de calcio, manganeso, entre otros químicos. Además se realiza la calibración de todos los termómetros digitales usados dentro del área de proceso por el personal de aseguramiento de calidad. Una vez que se realizan las pruebas y han obtenido los resultados, el personal de análisis de agua procede a documentar los datos de manera digital.

Los laboratorios de Grading, Análisis químico y Análisis de agua se encuentran comunicados por un pasillo dentro de un área donde se encuentra la oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad y un baño.

El laboratorio de microbiología tiene un ingreso previo que trabaja como sala de espera y filtro ya que el personal que quiere ingresar al laboratorio debe cambiar su vestimenta y zapatos en esta área, limpiar sus manos y antebrazos previamente.

1.1.3 Condiciones Arquitectónicas

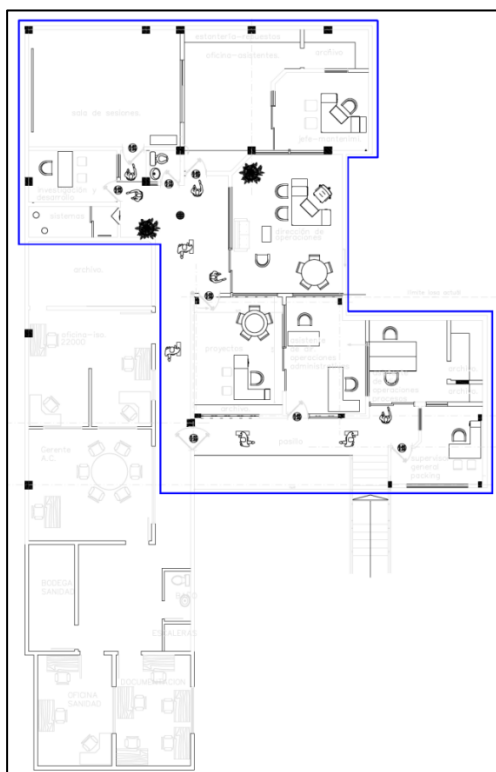
Las condiciones arquitectónicas son diferentes para cada una de las áreas que constituyen el local a climatizar. Esta diferencia es debido a que las construcciones civiles se realizaron en diferentes etapas en el transcurso del tiempo, teniendo la sala de proceso que fue construida en el año 1980, el área de laboratorios que fue creciendo con el transcurso del tiempo desde aproximadamente 1995 hasta el día de hoy, las oficinas de aseguramiento de calidad fueron construidas en el año 2006 y finalmente las oficinas de producción que fueron construidas a finales del año 2011. Esta diferencia de fechas ha hecho que las construcciones sean de diferentes tipos y además el crecimiento de la empresa ha hecho que se realicen cambios en oficinas que ya estaban construidas anteriormente haciendo que en ciertos sectores existan paredes constituidas por dos tipos de construcción civil, las paredes exteriores están pintadas de color verde desde el piso hasta 1.50 metros y de color blanco el resto de pared.

- Sala de proceso: La sala de proceso es un cuarto de medidas 121.50 pies de largo, 115.00 pies de ancho y

23.00 pies de altura, construidas de por bloque aglomerado hueco de arena y gravilla de 4 pulgadas de espesor y peso de 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de $\frac{1}{2}$ pulgada ligero. En el lado interior de la pared que da hacia la sala de proceso se encuentra un revestimiento de cerámica de $\frac{1}{8}$ pulgada de espesor desde el nivel del piso hasta 6.5 pies de altura. La cubierta de la sala de proceso se encuentra constituida por una estructura soporte (cercha) para tejado de tipo steel panel (panel de acero) de 0.02 pulgada de espesor.

- Oficinas administrativas: Las oficinas administrativas tienen diferentes tipos de construcción civil debido a que fueron construidas en distintos tiempos y por distintos ingenieros. Cada uno realizó su diseño según los requerimientos de cada área:
 - Oficinas Administrativas de Producción: Las oficinas administrativas de producción son una construcción civil moderna industrial, de tal manera que la periferia tiene pared de bloque aglomerado hueco de arena y gravilla de 4 pulgadas de espesor y peso 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de $\frac{1}{2}$ pulgada

pintadas de color verde oscuro desde el piso hasta 5 pies de altura y color blanco el resto de pared, mientras que las paredes interiores son construidas con muros de construcción ligera de tipo industrial de peso 2.00 libras por pie cuadrado con piezas de armazón para soportar las paredes de planchas de 3/4 pulgada de Gypsum y acabado con masilla. El techo está conformado por tejado de panel acerado (steel panel) de 0.02 pulgada de espesor sujetado por una cercha común a 11.5 pies de altura y a los 8.37 pies de altura se encuentra un techado falso de albañilería construido con plancha de madera de 3/4 pulgada de espesor con armazón de aluminio suspendido y sujetado a la cercha en la parte superior. Las dimensiones a escala de las diferentes oficinas de producción están dadas en el plano del Plano 2, ANEXO 1.



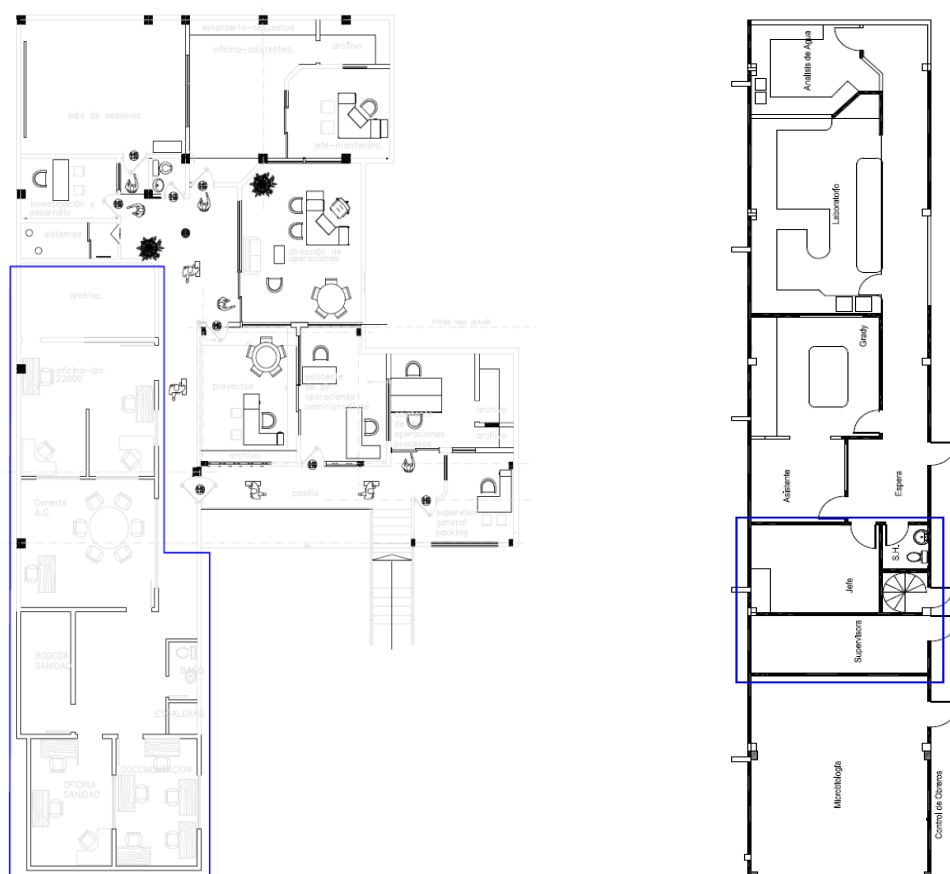
**FIGURA 1.3 DELIMITACIÓN DE ÁREA DE OFICINAS
ADMINISTRATIVAS DE PRODUCCIÓN**

Oficinas de Aseguramiento de calidad: Las oficinas *administrativas* de la planta alta de aseguramiento de calidad están construidas con muros de mampostería de ladrillo macizo, ordinario, de espesor *3 pulgadas* y peso *87 libras por pie cuadrado* con enlucido de *5/8 pulgada* ligero para las paredes de la periferia e interiores que están pintadas de color verde oscuro desde el piso hasta *5 pies de altura* y blanco el resto de pared. El techo de estas oficinas, por estar

en la planta alta, está conformado por tejado de panel acerado (steel panel) de *0.02 pulgada* de espesor sujetado por una cercha común a *11.50 pies de altura* y a los *8.37 pies* de altura se encuentra un techado falso de albañilería construido con cielo falso (planchas de yeso *Fibrocel* de *1/5 pulgada* de espesor) con armazón de aluminio suspendido y sujetado a la cercha en la parte superior.

Las oficinas de la planta baja están construidas con diferentes materiales, de tal manera que, desde el nivel del piso hasta *4 pulgadas* de altura se encuentra ladrillo macizo, ordinario, de espesor *4 pulgadas* y peso *87.00 libras por pie cuadrado* con enlucido de *3/5 pulgada* ligero y desde este punto hasta los *9.85 pies* de altura de las oficinas las paredes están constituidas por *bloque* aglomerado hueco de arena y gravilla de *4 pulgadas de espesor* de espesor y peso de *62.00 libras por pie cuadrado* con enlucido de *3/5 pulgada* de espesor, ambas pintadas de color blanco. Las dos oficinas de la planta baja se encuentran adyacentes y tienen como techo superior losa de hormigón fundido de *1.20 pies* de espesor a una altura de *9.85 pies* a nivel del piso y a los *8.21 pies* de altura se encuentra un techado falso de albañilería construido

con cielo falso (planchas de yeso *Fibrocel* de 1/5 pulgada de espesor) con armazón de aluminio suspendido y sujetado a la losa en la parte superior. Las dimensiones de las oficinas de aseguramiento de calidad están dadas en *los planos 2 y 3, ANEXO1*.



**FIGURA 1.4 DELIMITACIÓN DE ÁREA DE OFICINAS
ADMINISTRATIVAS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

- Laboratorios: Los diferentes laboratorios de la empresa se construyeron y se adecuaron con el pasar del tiempo. Inicialmente los laboratorios de Clasificación (Grading), Análisis Químico y Análisis de Agua se encontraban separados por paredes a nivel medio pero al crecer los requisitos de calidad esta construcción cambió. Al igual que en el laboratorio de microbiología, inicialmente toda el área era un cuarto abierto pero con el pasar del tiempo fue necesario seccionar la oficina para las diferentes pruebas que se llevan a cabo.
 - Laboratorio de microbiología: Tiene una construcción civil para las paredes de la periferia de ladrillo macizo, ordinario, de 4 pulgadas de espesor y peso de 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de 3/5 pulgada de espesor, pintadas de color verde oscuro desde el piso hasta 5 pies de altura y color blanco el resto de pared, dentro de la oficina se encuentra cuartos pequeños para las diferentes pruebas y un área para limpieza de los utensilios de laboratorio que tienen divisiones de plancha ondulada de aluminio y vidrio.

- *Laboratorios de Grading, Análisis Químico y Análisis de Agua se encuentran dentro de un área común con paredes en la periferia de muros de mampostería contruidos con ladrillo macizo, ordinario de 4 pulgadas de espesor y peso de 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de 3/5 pulgada de espesor y pintadas de color verde oscuro desde el piso hasta 5 pies y color blanco el resto de pared. Todos los laboratorios tienen la misma base de construcción civil con muro de mampostería de ladrillo macizo, ordinario, 4 pulgadas de espesor y peso de 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de 3/5 pulgadas de espesor hasta 4.00 pies de altura desde el nivel del piso y a partir de este punto hasta el techo está conformado por muro de mampostería de bloque aglomerado hueco de arena y gravilla de 4 pulgadas de espesor y peso de 62.00 libras por pie cuadrado con enlucido de 3/5 pulgada de espesor a una altura de 9.85 pies a nivel del piso, todas las paredes interiores se encuentran pintadas de color blanco y a 8.21 pies de altura se encuentra un techado falso de albañilería contruido con cielo falso (planchas de*

yeso Fibrocel de 1/5 pulgada de espesor) con armazón de aluminio suspendido y sujetado a la losa en la parte superior al igual que las oficinas administrativas de aseguramiento de calidad de la planta baja. El techo de esta área, por estar en planta baja, es una losa de hormigón fundido, armado, de 1.20 pies de espesor. Las dimensiones de los laboratorios están dadas en el plano 3, ANEXO 1.

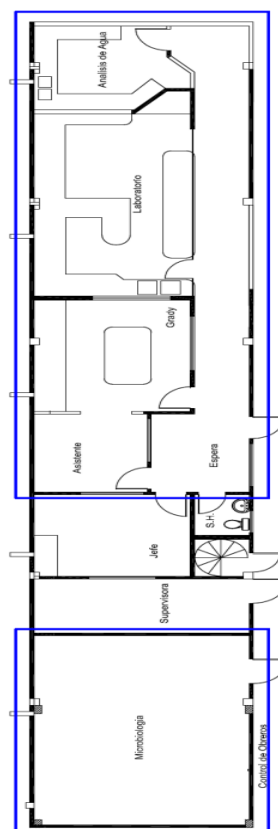


FIGURA 1.5 DELIMITACIÓN DE ÁREA DE LABORATORIOS

1.1.4. Ventanas, Puertas, Escaleras y Huecos verticales.

Diferentes tipos de ventanas y puertas están instalados en las diferentes áreas que constituyen el local a climatizar en el proyecto. Existe una sola área donde se encuentran escaleras y huecos verticales que se analizará en su momento. Todos los vidrios son claros, sencillos de ¼ pulgada de espesor, exceptuando los vidrios que están entre las oficinas y la sala de proceso que son claro, dobles con espacio de 3 pulgadas de aire entre vidrios disminuir el ruido en oficinas.

- Sala de proceso: Dentro de la sala de proceso hay ventanales y puertas en distintos puntos, a continuación se detalla cada una de las ventanas y puertas:

Puerta de ingreso Sala de Proceso: El ingreso al edificio donde se encuentra la sala de proceso es de dimensiones 8.50 pies de altura por 8.40 pies de ancho con cortinas de aire a lo ancho de la misma, existen lavamanos previos al ingreso a la sala de proceso de dimensiones de 8.50 pies de alto por 8.40 pies de ancho con cortinas plásticas para evitar el ingreso de insectos al área

Puerta de salida Sala de Proceso: La salida se encuentra junto a la puerta de ingreso, en este caso se tiene una puerta de 8.5 pies de altura por 7.5 pies de ancho que lleva a un pasillo donde los obreros dejan sus mandiles en perchas y usan mangueras especiales inoxidables para limpiarse previo a salir de la misma. La salida y entrada al edificio donde se encuentra la sala de proceso es compartida.

Puerta (apertura) de rociado a sala de proceso: Esta apertura se usa para que el personal pase coches desde el cuarto de enfriamiento # 2 hacia la sala de proceso. Las dimensiones de esta apertura son de 8.40 metros de altura por 7.50 pies de ancho, esta apertura no tiene algún elemento para cerrarla.

Puerta a cuarto de enfriamiento # 1: Esta apertura es usada para ingreso y salida de coches con materia prima desde el área de rociado y hacia la sala de proceso respectivamente. . Tiene dimensiones de 7.50 pies de alto por 6.50 pies de ancho con una protección de cortinas plásticas que cubren toda el área.

Puerta (apertura) de preparación a sala de proceso: esta apertura es usada para sacar los coches vacíos en los que se transportaba la materia prima de la sala de proceso hacia el área de preparación. Tiene dimensiones de 8.40 pies de alto y 5.00 pies de ancho con protección de cortinas plásticas que cubren toda el área.

Puerta de área de congeladores de placa hacia sala de proceso: esta puerta se encuentra normalmente cerrada, está construida por material aislante y tiene dimensiones de 7.50pies de alto por 4.00 pies de ancho.

Puerta de Sala de proceso hacia área de autoclaves: esta puerta se encuentra normalmente cerrada y además tiene protección de cortinas plásticas. Es una puerta metálica deslizante en sentido horizontal de medidas 7.50 pies de alto por 3.30 pies de ancho.

Ventanal de área de línea de enlatado Rallado: en esta área existe un ventanal protegido por malla de dimensiones 4.00 pies de alto por 16.40 pies de largo de 1/8 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho

que permite conectar el área de proceso con el área de autoclaves. Además dentro de esta área tienen dos aperturas circulares de 20 pulgadas de diámetro para extractores de aire.

Ventanal superior de sala de proceso: este ventanal se encuentra sobre el ingreso a la sala de proceso en la pared sur en el límite superior de la misma con el tejado. Las dimensiones del ventanal son de 13.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/8 pulgada de espesor y un marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho.

- Oficinas Administrativas: A continuación se detalla las características de cada una de las oficinas, considerando puertas, ventanas, escaleras y huecos verticales, se describirá cada oficina individualmente con las limitantes y finalmente analizar el espacio común que tienen todas las oficinas.

Oficinas de Producción: Las oficinas administrativas de producción se encuentran ubicadas en un segundo piso y todas convergen a un pasillo común. La descripción de cada

una de las oficinas con sus respectivos elementos que se encuentran dentro de la periferia del edificio está dada a continuación y vale recalcar que todas las ventanas tienen de ante-pecho 4.00 pies, son fijas y con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, construidas con vidrio transparente de 1/4 pulgada de espesor.

- Sala de Operaciones: En esta oficina hay una ventana de 8.00 pies de ancho por 4 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con un marco de 1.00 pulgada de ancho, en sentido norte hacia el lado de la sala de proceso, otra ventana de 6.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con un marco de aluminio 1.00 pulgada de ancho, en sentido este adyacente a la oficina de mantenimiento. Dentro de esta oficina se tiene una cortina de tela de las dimensiones de la ventana. Existe una puerta de 3.00 pulgadas de ancho por 7.00 pies de alto con marco de aluminio y cuerpo de vidrio con dimensiones 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada en sentido sur que lleva al pasillo común de estas oficinas.

- Oficina de Mantenimiento Preventivo: En esta oficina se encuentra la ventana adyacente a la sala de sesiones con las mismas dimensiones dadas anteriormente. Adicionalmente se tiene una ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, en sentido norte hacia el lado de la sala de proceso. Existen dos ventanas que están en la pared que dividen esta oficina con la oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo, una ventana de dimensiones 3.00 pies de ancho por 4 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este y otra ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido norte. Además existen dos puertas dentro de esta oficina, una puerta de 7.00 pies de alto por 3.00 pies de ancho con marco de aluminio y cuerpo de vidrio de medidas 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, que permite el acceso al área común de estas oficinas y una puerta corrediza de 6.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, en sentido este con marco de aluminio y dos cuerpos de

marco de aluminio y vidrio de 3.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor.

Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo: En esta oficina están las ventanas y puerta adyacente a la oficina de Mantenimiento Preventivo y además tiene una ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que permite ver la oficina de Directora de Operaciones.

- *Oficina de Directora de Operaciones:* En esta oficina se tiene la ventana que da hacia la oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo, además se encuentra una ventana de 8.00 pies de ancho por 5.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido oeste que permite visualizar el área común de estas oficinas y en esta ventana se encuentra una cortina de tela, otra ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que se comunica con la oficina de Proyectos y finalmente

una ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con maro de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que da hacia la oficina de asistentes de directora de operaciones. Se tiene una puerta corrediza de 7.00 pies de ancho por 7.00 pies de con marco de aluminio y dos cuerpos de marco de aluminio y vidrio de 3.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, en sentido oeste que permite el acceso desde el área común de las oficinas.

- *Oficina de Proyectos:* En esta oficina se encuentra la ventana que da hacia la oficina de Directora de Operaciones, además otra ventana de 5.00 pies de ancho 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que permite ver la oficina de asistentes de Directora de operaciones. Existe una ventana de 6.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur con lámina oscura que da hacia la parte exterior de las oficinas. Finalmente, existe una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto, con marco de aluminio y cuerpo de vidrio de 2.00 pies

de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor en sentido norte que da hacia el área común de estas oficinas.

- *Oficina de Investigación y Desarrollo:* En esta oficina se encuentra una ventana de 5.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que da hacia el espacio común de estas oficinas y una puerta
- *Cuarto de sistemas:* Es un cuarto pequeño donde se encuentra una puerta de aluminio de 3.00 pulgadas de ancho por 7.00 pulgadas de alto de 1/8 pulgada de espesor en sentido este que da hacia el espacio común de estas oficinas.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones administrativas:* En esta oficina se encuentra las ventanas que se mencionaron anteriormente que la comunican con las oficinas de proyecto y directora de operaciones, además existe una ventana de 6.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de

aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que comunica la oficina con la oficina de asistentes de directora de operaciones para proceso y otra ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que da hacia la parte exterior del edificio. Finalmente, hay una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto con marco de aluminio y cuerpo de vidrio de 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgadas de espesor, en sentido sur que da hacia la parte exterior del edificio.

- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones para proceso:* En esta oficina se encuentra la ventana que da hacia la oficina de asistentes de directora de operaciones administrativas, además una ventana de 5.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con un marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que da hacia la oficina de supervisoras generales de Packing. Existe una puerta corrediza de 7.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto con marco de aluminio y dos cuerpos de marco de aluminio y vidrio de 3.00pies

de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, en sentido sur que da hacia la parte exterior del edificio.

- *Oficina de Supervisoras Generales de Packing:* En esta oficina se encuentra la ventana que da hacia la oficina de asistentes de directora de operaciones para proceso, una ventana de 4.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con un marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, y una puerta de 4.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido oeste que dan hacia la parte exterior del edificio.
- *Oficinas de aseguramiento de calidad:* Estas oficinas, al igual que las de producción, están conectadas por un espacio común entre ellas, este espacio también da acceso a las oficinas administrativas de producción y se hablarán de las características más adelante. A continuación se describe cada una de las oficinas con sus respectivos elementos que se encuentran dentro de la periferia del edificio y vale recalcar que todas las ventanas se encuentran a un metro de altura sobre el nivel del piso,

son fijas y con marco de aluminio construido con vidrio transparente de 4 milímetros de espesor.

- *Oficina de supervisores ISO 22000:* Esta oficina tiene dos ventanas de 5.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que la comunican con la oficina de gerente de aseguramiento de calidad. Además tiene otra ventana de 4.00 pies de ancho por 5.00 pies de alto de 1/4 pulgadas de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que la comunica con el pasillo. Existen dos puertas, una que es de marco de aluminio de 4.00 pies de ancho y 7.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio en sentido este que permite el acceso al pasillo común de las oficinas y otra puerta de aluminio de 3.00 pies de ancho y 7.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio, en sentido norte que la comunican con la bodega de documentos.

- *Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad:* En esta oficina existen las dos ventanas que la comunican con la oficina de supervisores ISO 22000, una ventana de 10.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio, en sentido este que permite visualizar el pasillo común de las oficinas y otra ventana de 6.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que también permite visualizar el área del pasillo. Por último, hay una puerta de 3.00 pies de ancho y 7.00 pies con marco de aluminio y cuerpo de vidrio de 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor.

- *Oficina de Sanidad:* Esta oficina tiene una ventana de 7.00 pies por 5.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que está adyacente a la oficina de documentación y una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido norte con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor

que permite el acceso desde el pasillo común de estas oficinas.

- *Oficina de Documentación:* En esta oficina se encuentra la ventana que da a la oficina de sanidad, una ventana de 6.00 pies por 5.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con un marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este que da hacia la parte exterior del edificio y otra ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, que da hacia el pasillo común de las oficinas. Finalmente, hay una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido norte con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho y 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, que permite el acceso desde el pasillo común de estas oficinas.

Existe un espacio común para todas las oficinas nombradas anteriormente que consiste en una sala de estar para el área de aseguramiento de calidad con una escalera de espiral en un hueco vertical de 10.00 pies de alto, 5.00 pies de ancho y

5.00 pies de largo y en la parte inferior tiene una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, que da hacia la parte exterior del edificio, un pasillo que comunica esta sala con una sala de estar del área de producción que tiene una ventana de 9.00 pies de largo por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido este y una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 6.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, que da hacia la parte exterior del edificio. La sala de estar tiene un “traga luz” de 4.00 pies de ancho por 4.00 pies de largo en el techo.

- *Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad:* En esta oficina se encuentra una ventana de 7.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio de 1.00 pulgada de ancho, en sentido sur que da hacia la oficina de supervisores de aseguramiento de calidad y una ventana de 5.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor con marco de aluminio

de 1.00 pulgada de ancho, en sentido norte que da hacia el laboratorio de Grading. Además existe una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido norte que da hacia el pasillo común de los laboratorios.

- *Oficina de supervisores de Aseguramiento de calidad:* En esta oficina se tiene la ventana que da hacia la oficina de jefe de aseguramiento de calidad y una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto de 1/4 pulgada de espesor, que da hacia la parte exterior del edificio.
 - *Laboratorios:* Los laboratorios se encuentran conectados por un pasillo común y además se encuentran junto al ingreso de la sala de proceso, excepto por el laboratorio de microbiología. A continuación se describe cada uno de los laboratorios con sus respectivos elementos que se encuentran dentro de la periferia del edificio. Todos los vidrios tienen 1/4 pulgada de espesor y los marcos de las

ventanas son de aluminio de 1.00 pulgada de espesor.

- *Laboratorio de Microbiología: Este laboratorio tiene una ventana que se encuentra a 7.00 pies de alto y tiene dimensiones de 8.00 pies de largo por 1.00 pie de alto en sentido este con marco de aluminio. Además se encuentra una división, como descritos anteriormente, que está hecha con marco de aluminio y vidrio de 5.00 pies de ancho y 4.00 pies de alto en sentido norte. Finalmente, hay una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto que da hacia la parte exterior del edificio.*

Laboratorio de Grading: El laboratorio tiene la ventana que da hacia la oficina de jefe de aseguramiento de calidad, una ventana de 7.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto en sentido este que da hacia el pasillo común de los laboratorios y una ventana de 7.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto en sentido norte que da hacia el laboratorio de análisis químico.

Además existe una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto que da hacia el pasillo común de los laboratorios.

- *Laboratorio de Análisis Químico:* En este laboratorio se encuentra la ventana que da hacia el laboratorio de grading en sentido sur, una ventana de 8.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto en sentido este que da hacia el pasillo común de los laboratorios y una venta de 7.00 pies de ancho por 4.00 pies de alto en sentido norte que da hacia el laboratorio de análisis de agua. Además se encuentra una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto que da hacia el pasillo común de los laboratorios.

Laboratorio de Análisis de Agua: En este laboratorio se encuentra la ventana que da hacia el laboratorio de análisis químico en sentido sur y una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y

vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto que da hacia el pasillo común de los laboratorios.

Los laboratorios de análisis químico, grading y análisis de agua, en conjunto con la oficina de jefe de aseguramiento de calidad tienen un pasillo común que tiene una ventana de 7.00 pies de largo por 4.00 pies de alto en sentido este que da hacia el ingreso de la sala de proceso y una puerta de 3.00 pies de ancho por 7.00 pies de alto en sentido este con marco de aluminio y vidrio de 2.00 pies de ancho por 3.00 pies de alto que da hacia la parte exterior del edificio.

El resumen de todo lo descrito previamente se encuentra en la Sección 1 del ANEXO 2.

1.1.5. Ocupantes y Alumbrado

El número de ocupantes y alumbrado está dado por diseño de la construcción y por el puesto de trabajo en sí basados en la norma de salud ocupacional (OSHA), por lo que a continuación se menciona un número máximo de personas que pueden entrar en cada una de las oficinas y el número de luces que existen en la instalación.

- Sala de proceso: Dentro de la sala se puede encontrar personal de diferentes áreas, pero en total el número máximo de colaboradores que se encuentra en la sala es de 800 personas durante las horas pico pero pueden disminuir a 600 personas en horas de comer debido a que el personal sale sucesivamente de la sala pero siempre de la misma manera. Además para la iluminación de la sala se encuentra un total de 430 lámparas con doble tubo fluorescente de 32 vatios cada una. El alumbrado se encuentra distribuido sobre las mesas y en diferentes puntos de la sala de proceso.
- Oficinas Administrativas: Las oficinas administrativas tienen un número máximo de ocupantes debido a su respectivo uso y por diseño arquitectónico también tiene un número de luces por oficina.
 - *Oficinas de Producción: Dentro de estas oficinas, de acuerdo a la función de las mismas y de los ocupantes, tienen un número máximo de ocupantes y la correcta iluminación para los trabajos que se realizarían en estas áreas:*

- *Sala de Operaciones: Dentro de esta sala de reuniones pueden reunirse hasta 25 personas. Consta de 8 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

- *Oficina de Mantenimiento Preventivo: Dentro de esta oficina laboran 2 asistentes permanentes, ingresan un máximo de 6 visitantes y 1 persona en la computadora de investigación. Consta de 12 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

- *Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo: Dentro de esta oficina labora 1 jefe de mantenimiento preventivo e ingresan un máximo de 3 visitantes. Consta de 6 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

- *Oficina de Directora de Operaciones: Dentro de esta oficina labora 1 directora de operaciones y un máximo de 12 visitantes. Consta de 9 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

- *Oficina de Proyectos:* Dentro de esta oficina labora 1 gerente de proyectos y un máximo de 6 visitantes. Consta de 6 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.
- *Oficina de Investigación y Desarrollo:* Esta oficina por sus dimensiones fue diseñada para 1 jefa de investigación y desarrollo y 2 visitantes. Se encuentra iluminada por 2 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones administrativas:* Dentro de esta oficina laboran 2 asistentes permanentemente y espacio para 4 visitantes. Consta de 6 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones para proceso:* Dentro de esta oficina laboran dos asistentes permanentes trabajando en el área y unos 10 visitantes en caso que haya una reunión urgente con el personal.

Consta de 6 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.

- *Oficina de Supervisoras Generales de Packing: Dentro de esta oficina labora 1 supervisora general de Packing y espacio para 4 visitantes. Consta de 3 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*
- *Oficinas Administrativas de aseguramiento de calidad: Dentro de estas oficinas, de acuerdo a la función de las mismas y de los ocupantes, tienen un número máximo de ocupantes y la iluminación es la necesaria para los trabajos que se realizarían en estas áreas:*
 - *Oficina de supervisores ISO 22000: Dentro de esta oficina laboran 2 supervisores y hasta 8 visitantes en caso que se necesite realizar un trabajo con documentación. Dentro de la bodega que posee esta oficina pueden trabajar hasta 3 personas. Consta de 12 tubos fluorescentes de 32 vatios y en la bodega consta de 12 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

- Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad: *Dentro de esta oficina labora 1 gerente y con un flujo de personal de aseguramiento de calidad de hasta 6 personas. Consta de 8 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*
- Oficina de Sanidad: *Dentro de esta oficina laboran 3 personas de sanidad constantemente y tiene hasta 4 personas de visitas. Consta de 4 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*
- Oficina de Documentación: *Dentro de esta oficina laboran 5 personas permanentemente en el área y un número de hasta 6 visitantes en horas pico. Consta de 8 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*

En el espacio común de las oficinas nombradas anteriormente se puede encontrar un flujo de personal de hasta 8 personas y la iluminación del área consta de un tragaluz de 1,50 metro de ancho por 1,50 metro largo, 9 focos ahorradores de 32 vatios y 4 tubos fluorescentes de 32 vatios.

- Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad: *Dentro de esta oficina se encuentra laborando 1 jefa y un máximo de 4 visitantes. Consta de 4 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.*
- Oficina de supervisores de Aseguramiento de calidad: *Dentro del área se encuentra un flujo de personal constante pero con un máximo de 8 colaboradores máximo dentro de la oficina. La iluminación consta de 4 tubos fluorescentes de 32 vatios.*
- *Laboratorios:* Los laboratorios tienen un número de ocupantes para los cuales fueron diseñados, ya que deben existir un número máximo de laboratoristas y supervisores para realizar todos los trabajos del área. Las luces son las necesarias para observar cada uno de los detalles de los experimentos.
 - *Laboratorio de Microbiología:* Dentro del área crítica del laboratorio encuentran trabajando 2 personas permanentemente (jefe de microbiología y asistente) y pueden tener un número máximo de 3 visitantes,

además en el espacio de espera pueden estar un máximo de 4 personas. Dentro del área se encuentra un total de 16 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.

- *Laboratorio de Grading:* Dentro del área de Grading se puede encontrar hasta 5 personas de laboratorio, 2 supervisores y 4 visitantes. Además la iluminación consta de 10 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.
- *Laboratorio de Análisis Químico:* Dentro de este laboratorio normalmente se encuentran 5 personas trabajando, 1 supervisor y un máximo de 3 visitantes. Para la iluminación se encuentra 16 tubos fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.
- *Laboratorio de Análisis de Agua:* Dentro de esta oficina por las condiciones arquitectónicas en dimensiones solo permite un máximo de 4 personas dentro del área. La iluminación consta de 4 tubos

fluorescentes de 32 vatios para la correcta iluminación de la misma.

El pasillo común de la oficina de jefa de aseguramiento de calidad y los laboratorios de Grading, Análisis químico y Análisis de agua tiene un espacio de espera para 4 personas y en iluminación tiene 14 focos ahorradores de 40 vatios para la correcta iluminación de la misma.

El resumen de todo lo descrito previamente se encuentra en la Sección 2 y 3 respectivamente del ANEXO 2.

1.1.6. Condiciones del Entorno

En esta sección se analizará cada una de las condiciones de entorno o estructuras vecinas de cada una de las áreas a climatizar.

La sala de proceso como se ha mencionado antes es uno de los componentes del edificio de la planta Seafman C.A., que también comparte espacio con Precocinas, Chill Rooms, Autoclaves, Compresores, entre otros elementos. Por esta razón, algunos de los lados de la sala de procesos están

cubiertos total o parcialmente, lo cual implica un efecto nulo del sol sobre ellos.

Algunas de las oficinas administrativas se encuentran ubicadas junto al edificio que contiene la sala de procesos, existe una contribución de la pared que da a la sala de procesos debido a las máquinas están al otro lado de ésta. Por tanto se genera una temperatura mayor a uno de los lados de la pared, hay una transmisión de carga térmica hacia las mismas. La parte frontal o acceso de estas oficinas tienen un efecto con el sol, se genera una temperatura mayor a uno de los lados de la pared, hay una transmisión de carga térmica hacia las mismas.

El resto de oficinas junto con los laboratorios se encuentran en un edificio diagonal al edificio donde se encuentra la sala de procesos. La parte frontal o acceso de estas oficinas tienen un efecto con el sol, se genera una temperatura mayor a uno de los lados de la pared, hay una transmisión de carga térmica hacia las mismas.



**FIGURA 1.6 FOTO DE EXTERIOR DE ÁREAS A CLIMATIZAR Y
ADYACENTES.**

1.1.7. Equipos y Utensilios dentro del Edificio

Existen diferentes equipos y utensilios eléctricos dentro de las diferentes áreas los cuales permanecen permanentemente trabajando durante los horarios de trabajo dentro de las diferentes áreas y producen calor en base a su potencia eléctrica y térmica, emisión de vapor de gases, régimen de trabajo, entre otros.

- Sala de proceso: Dentro del área de proceso se encuentra 7 mesas de limpieza que trabajan como líneas de limpieza con 2 transportadores de bandas con un motor de 3 HP

cada una, 3 llenadoras marca Luthy de latas que usan 1 motor de 7 HP cada una, 3 dosificadores de líquido de cobertura que trabajan con 2 bombas de $\frac{3}{4}$ HP y 1 transportador de cadena con motor de $\frac{3}{4}$ HP cada uno, 3 cerradoras marca FMC que trabajan con 1 motor de 11 HP cada una, 3 lavadoras de latas que trabajan con 2 bombas de 2 HP y 1 motor de $\frac{3}{4}$ HP cada una, 1 línea de termo-encogido para producción de lonjas empacadas al vacío con 1 motor de 3 HP y 3 transportadores de banda con motores de 1 HP cada uno y, finalmente, 2 transportadores de cordón de teflón con motores de 7,5 HP cada uno.

- Dentro de la sala de procesos se trabaja con una flujo constante de 4 toneladas por hora de atún pre-cocido y enfriado.
- Oficinas Administrativas: Las oficinas administrativas tienen mayormente computadoras y pequeños equipos electrónicos de uso poco común.
 - *Oficinas de Producción: Dentro de estas oficinas se trabaja con los equipos electrónicos nombrados a continuación:*

- *Sala de Operaciones: 1 computador portátil marca HP conectada a 120 voltios y 1,7 amperios, 1 proyector marca COMPAQ conectado a 120 voltios.*
- *Oficina de Mantenimiento Preventivo: 3 computadoras de escritorio marca HP conectadas a 120 voltios y 2,5 amperios cada una, 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios y 2 UPS de 100 vatios.*
- *Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo: 1 computadora portátil marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios.*
- *Oficina de Directora de Operaciones: 2 computadoras portátiles marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios cada una, 1 impresora/escáner marca EPSON a 120 voltios y 0,6 amperios.*
- *Oficina de Proyectos: 1 computadora portátil marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios, 1 impresora/escáner marca HP a 120 voltios y 7,8 amperios.*

- *Oficina de Investigación y Desarrollo:* 1 computadora portátil marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios.
 - *Oficina de asistentes de Directora de operaciones administrativas:* 2 computadoras de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
 - *Oficina de asistentes de Directora de operaciones para proceso:* 2 computadoras de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
 - *Oficina de Supervisoras Generales de Packing:* 1 computadora de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
- Oficinas de Aseguramiento de calidad: Dentro de estas oficinas se trabaja con los equipos electrónicos nombrados a continuación:
- *Oficina de supervisores ISO 22000:* 2 computadoras de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios,

- 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
- *Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad:* 2 computadoras portátil marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios, 1 impresora/escáner marca HP a 120 voltios y 7,8 amperios, 1 purificador de aire a 120 voltios y 0,8 amperios.
 - *Oficina de Sanidad:* 3 computadoras de escritorio marca HP conectadas a 120 voltios y 2,5 amperios cada una, 1 impresora HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
 - *Oficina de Documentación:* 5 computadoras de escritorio marca HP conectadas a 120 voltios y 2,5 amperios cada una, 2 impresoras HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios, 1 escáner HP a 120 voltios y 8,5 amperios.

En el espacio común de las oficinas nombradas anteriormente se puede encontrar 2 dispensadores de agua a 120 voltios y 10 amperios cuando se encuentran trabajando las opciones de agua helada y agua caliente.

- *Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad:* 1 computadora de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 1 impresoras HP Laser Jet a 120 voltios y 9,3 amperios.
- *Oficina de supervisores de Aseguramiento de calidad:* 2 computadoras de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 1 impresora marca HP a 120 voltios y 8,6 amperios.
- *Laboratorios:* Dentro de estas áreas se encuentra los diferentes equipos usados para las tantas pruebas y experimentos realizados con el producto.
 - *Laboratorio de Microbiología:* 1 baño maría marca Mermmet de 1200 vatios, 2 autoclaves marca 25XL de 1050 vatios cada una, 2 estufas marca VWR by Sheldon MFG a 240 voltios y 3,5 amperios cada una, equipos varios con una potencia total de 100 vatios, estufa marca VWR Scientific Products de 800 vatios, 1 central de contaminación marca C4 de 1/3 HP, 2 congeladores marca Durex de $\frac{3}{4}$ HP cada uno, 1 computadora de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5

amperios, 1 estufa marca Mermmet U15 de 1400 vatios, 1 estufa marca Mermmet SFE500 de 2000 vatios.

- *Laboratorio de Grading:* 1 congelador marca Durex de 800 vatios, 1 estufa de presión de 150 vatios, 2 computadoras portátiles marca HP a 120 voltios y 1,7 amperios, 1 calentador de agua marca IMACO de 900 vatios, 3 abridoras de latas inoxidables a 120 voltios y 1,2 amperios.
- *Laboratorio de Análisis Químico:* 1 agitador Heidolf de 115 voltios, 1 fluorometro marca Quanteh Fluorometer a 120 voltios y 0,63 amperios, 1 fluorometro marca Tuner de 60 vatios, 1 purificador de aire de 300 vatios, 1 clorometro marca Lobconco de 30 voltios, 1 refrigerador marca Mabe de 300 vatios, 1 computadora de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios, 2 balanzas/estufas marca Meltler Toledo de 300 vatios cada una, 2 estufas marca VWR a 120 voltios y 9,0 amperios, 1 congelador de 500 vatios, 1 microondas marca Amanda de 1700 vatios, equipos varios de 250 vatios.

- *Laboratorio de Análisis de Agua:* 1 calentador de agua de 1000 vatios, 2 computadoras de escritorio marca HP a 120 voltios y 2,5 amperios cada una.



**FIGURA 1.7 FOTO REFERENCIAL DE EQUIPOS Y
TUBERÍAS SALA DE PROCESO.**

El resumen de todo lo descrito previamente se encuentra en la Sección 4, 5 y 6 respectivamente del ANEXO 2.

1.1.8. Renovación de Aire Exterior (Ventilación)

La ventilación es introducción forzada de aire del exterior para renovar el aire interior, este aire es esencial para el correcto funcionamiento de los trabajadores en cada una de las áreas a climatizar. El aire de ventilación se mezcla con el aire del local y es tratado en la unidad acondicionadora, los rangos de ventilación en cada una de las áreas cambia con respecto a cada una de las aplicaciones de las mismas. Actualmente en las áreas solo existe ventilación forzada por renovación de aire en la sala de procesos con 7 ventiladores de suministro de 22.700 metros cúbicos por hora.



FIGURA 1.8 FOTO ARREGLO DE VENTILADORES DE SUMINISTRO DE AIRE.

1.1.9. Almacenamiento Térmico en el Local

El almacenamiento térmico del local depende principalmente de los horarios de funcionamiento del local a climatizar; es decir, si los turnos de trabajo son de 8, 12, 16 o hasta 24 horas al día especificando los horarios con las condiciones críticas climáticas exteriores, la variación de temperatura que puede ser considerada como aceptable dentro del local durante las diferentes horas del día y materiales de las superficies que limitan el área a climatizar. Este último ya fue descrito en el subcapítulo 1.1.3 donde se hablaron de las condiciones arquitectónicas del local a climatizar.

- Sala de proceso: Esta sala tiene un horario de funcionamiento dependiente de la producción que pueda haber cada día y cada semana y esto es directamente dependiente de los pedidos que tenga la empresa. Como para todo cálculo de ingeniería se deben tomar los valores críticos, por lo que se toma el horario de 06H30 que ingresan a trabajar las primeras obreras al área hasta las 02H30 del día siguiente que termina la producción del día.
- Oficinas Administrativas: Las oficinas administrativas tienen diferentes horarios de trabajo, muy independientemente que sean de Aseguramiento de Calidad o de Producción. A continuación se especifica el uso en horario de cada una de las oficinas:
 - *Sala de Operaciones*: Tiene horario de trabajo intermitente dependiendo de las reuniones que se lleven a cabo durante el día y durante la semana. Puede trabajar desde las 08H00 hasta las 21H00.
 - *Oficina de Mantenimiento Preventivo*: Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.

- *Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Directora de Operaciones:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Proyectos:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Investigación y Desarrollo:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones administrativas:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones para proceso:* Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Supervisoras Generales de Packing:* Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 01H00.
- *Oficina de supervisores ISO 22000:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.

- *Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad:*
Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Sanidad:* Esta oficina trabaja en horarios de 04H00 hasta 03H00.
- *Oficina de Documentación:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad:* Esta oficina trabaja en horarios de 08H00 hasta 19H00.
- *Oficina de supervisores de Aseguramiento de calidad:* Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 01H00.

Laboratorios: Los horarios de los laboratorios son dependientes de las horas de trabajo dentro de la sala de proceso en su mayoría.

- *Laboratorio de Microbiología:* Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 15H30.
Laboratorio de Grading: Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 15H30.
Laboratorio de Análisis Químico: Esta oficina

trabaja en horarios de 07H00 hasta 01H00. *Laboratorio de Análisis de Agua:* Esta oficina trabaja en horarios de 07H00 hasta 01H00.

1.1.10 Frecuencia de Operación

El funcionamiento continuo o intermitente de las áreas a climatizar es considerado como la frecuencia de operación, analizando cuantos días laborables durante la semana debe trabajar la refrigeración y el tiempo disponible para la refrigeración previa para no forzar el equipo de climatización.

- Sala de proceso: Esta sala tiene una frecuencia de 6 días de operación continua en producción y durante los fines de semana se realizan trabajos de mantenimiento pero para esto se requiere solo buena ventilación.
- Oficinas de Producción: La frecuencia de trabajo de estas oficinas depende de la producción aunque la mayoría de las oficinas gerenciales y reuniones no tienen trabajo durante los fines de semana.
- *Sala de Operaciones:* Esta sala es usada 5 días a la semana dependiendo de la necesidad de reuniones por

parte de los usuarios pero normalmente tiene un uso intermitente.

- *Oficina de Mantenimiento Preventivo*: Esta oficina es usada 6 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de Jefe de Mantenimiento Preventivo*: Esta oficina es usada 6 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de Directora de Operaciones*: Regularmente el uso de esta oficina es de 5 días a la semana en los casos más críticos de manera continua.
- *Oficina de Proyectos*: El uso de esta oficina es de 5 días a la semana en los casos más críticos de manera continua.
- *Investigación y Desarrollo*: Esta oficina es usada 5 días a la semana.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones administrativas*: Esta oficina es usada 5 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de asistentes de Directora de operaciones para proceso*: Esta oficina es usada 6 días a la semana y es

totalmente dependiente de los días de producción de manera continua.

- *Oficina de Supervisoras Generales de Packing:* Esta oficina es usada 6 días a la semana y es totalmente dependiente de los días de producción.
- *Oficina de supervisores ISO 22000:* Esta oficina es usada 5 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de Gerente de Aseguramiento de Calidad:* Esta oficina es usada 5 días a la semana en los casos más críticos de manera continua.
- *Oficina de Sanidad:* Esta oficina trabaja los 6 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de Documentación:* Esta oficina trabaja hasta 5 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de Jefe de Aseguramiento de Calidad:* Esta oficina trabaja hasta 5 días a la semana de manera continua.
- *Oficina de supervisores de Aseguramiento de calidad:* Esta oficina trabaja hasta 6 días a la semana de manera continua.

- *Laboratorios:* Los horarios de los laboratorios son completamente dependientes de las horas y días de trabajo dentro de la sala de proceso.
- *Laboratorio de Microbiología:* Esta oficina trabaja hasta 6 días a la semana de manera continua.
- *Laboratorio de Grading:* Esta oficina trabaja hasta 6 días a la semana de manera continua.
- *Laboratorio de Análisis Químico:* Esta oficina trabaja hasta 6 días a la semana de manera continua.
- *Laboratorio de Análisis de Agua:* Esta oficina trabaja hasta 6 días a la semana de manera continua.

El resumen de todo lo descrito previamente en almacenamiento térmico del local y frecuencia de operación se encuentra en la Sección 7 del ANEXO 2.

1.2. Requerimientos para la Climatización del Local

Es necesario realizar un pre-análisis previo de cada uno de los puntos de interés en la sala de procesos, laboratorios y oficinas, se

deberá analizar normativas referentes a la parte alimenticia, que para el caso de las empresas atunera se rigen por la normativa FDA⁴, la empresa se encuentra desarrollando un sistema de control de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional por lo que se tendrá que abarcar la normativa que rige la salud ocupacional de los colaboradores de las diferentes áreas, que para el caso en general de América es la normativa OSHA⁵ y finalmente se deberá analizar la normativa que rige los diseños de los sistemas de climatización, en general, como lo es la normativa ASHRAE⁶.

Cumpliendo las normas mencionadas anteriormente se cumplirán directamente los requerimientos nacionales que son basados en las normas americanas.

1.2.1. Requerimientos de Salud Ocupacional Basados en normativa OSHA

Para el ámbito de salud ocupacional se toman en cuenta los capítulos del manual técnico OSHA TECHNICAL MANUAL

⁴ (Food and Drug Administration (FDA), "Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance", 2011)

⁵ (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999)

⁶ (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001)

(OTM), que están relacionados con la climatización al igual que las regulaciones citando la sección de Daños a la Salud⁷

1.2.1.1. Requerimientos de Salud Ocupacional en Sala de Proceso

Debido a que se realizará la climatización de la sala de proceso, la misma se convertirá en un espacio cerrado sin infiltraciones naturales, por lo que se deberán estudiar los dos capítulos del manual técnico.

- La calidad del aire dentro de la sala de proceso debe mantener concentraciones de los mayores contaminantes en el menor rango permitido posible. El estudio se enfoca principalmente en los contaminantes más comunes en el aire de la sala, los cuales son: Dióxido de carbono, partículas de material suspendidas en el aire y microorganismos suspendidos en el aire. Las razones para enfocarse principalmente en estos contaminantes son debido a que el dióxido de carbono en

⁷ (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulos 2 y 3

concentraciones elevadas produce fatiga, irritación en los ojos y dolores de cabeza, las partículas de material suspendidas en el aire, debido a la manipulación de materia prima y gran caudal de aire en los equipos, pueden provocar irritación a las vías respiratorias y los microorganismos en grandes concentraciones pueden producir efectos negativos a los colaboradores en caso que sean microorganismos infecciosos. Los últimos dos contaminantes se agrupan como uno solo conocido como VOC (Componentes Orgánicos Volátiles - Volatile Organic Compounds) pero en el proyecto se analizarán por separado.

El valor de concentración máxima permitida de dióxido de carbono es 600 ppm. El valor de máxima concentración de partículas suspendidas en el aire debe de ser 3.000 partículas por centímetro cúbico. El valor de concentración máxima de microorganismos en el aire es 1000 unidades de

colonias en formación viables por metro cúbico de aire.⁸

Se deben usar filtros de malla o de agua, limpiadores electrónicos o tratamientos químicos con absorbentes. Para mantener las condiciones de confort y control microbiano en esta área de trabajo se recomienda temperaturas entre 68 °F y 76 °F con una humedad relativa entre 20% y 60%.⁹

La ventilación dentro de la sala de proceso es necesaria debido a la gran cantidad de vapor que existe y las partículas suspendidas en el aire. El valor de ventilación recomendando en base a estudios de ASHRAE es 5 pies cúbicos por minuto de aire del ambiente para la salud ocupacional de los colaboradores. Se deben usar filtros con una eficiencia de colección del 30% al 60% para reducir

⁸ (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub - sección IV

⁹ (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub - sección V

problemas microbianos en el aire causador por la ventilación.[10](#)

1.2.1.2. Requerimientos de Salud Ocupacional en Oficinas.

Las oficinas, al procurar mantener la mayor privacidad posible mediante un diseño arquitectónico que permita tener esta característica, disponen de muy poca infiltración natural, sobre todo en las oficinas administrativas de estas empresas que solo disponen de ventanas fijas. Al tener estos casos los mayores contaminantes que se encuentran dentro de las áreas son el dióxido de carbono y las partículas de polvo suspendidas en el aire (en caso que haya una mala limpieza). No se analiza la posibilidad de existencia de microorganismos como se lo hizo para el caso de la sala de procesos porque no se tiene una fuente específica que pueda provocar algún daño al colaborador para este caso.

[10](#) (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub sección I, literal C

El valor de concentración máxima permitida de dióxido de carbono es 600 ppm. El valor de máxima concentración de partículas suspendidas en el aire debe de ser 3.000 partículas por centímetro cúbico. El valor de concentración máxima de microorganismos en el aire es 1000 unidades de colonias en formación viables por metro cúbico de aire.[11](#)

Se deben usar filtros de malla o de agua, limpiadores electrónicos o tratamientos químicos con absorbentes. Para mantener las condiciones de confort y control microbiano en esta área de trabajo se recomienda temperaturas entre 68 °F y 76 °F con una humedad relativa entre 20% y 60%.[12](#)

La ventilación dentro de las oficinas es necesaria debido a la gran cantidad de dióxido de carbono que existe. El valor de ventilación recomendando en base a estudios de ASHRAE es 5 pies cúbicos por minuto

[11](#) (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub - sección IV

[12](#) (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub - sección V

de aire del ambiente para la salud ocupacional de los colaboradores. Se deben usar filtros con una eficiencia de colección del 30% al 60% para reducir problemas microbianos en el aire causador por la ventilación.^{[13](#)}

1.2.1.3. Requerimientos de Salud Ocupacional en Laboratorios

Los laboratorios son una mezcla entre las condiciones de la sala de proceso y las condiciones de oficina, ya que dentro de los laboratorios hay producto y se trabaja con el mismo pero a la vez también se encuentra personal realizando labores de oficina en las computadoras. La OSHA solicita las mismas condiciones en estos laboratorios que para la sala de proceso pero debe existir un mayor control del crecimiento microbiano por lo que los filtros que se deben usar deben ser de alta eficiencia.

¹³ (OSHA TECHNICAL MANUAL, <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/>, 1999), Sección III, Capítulo 2, Sub sección I, literal C

1.2.2. Requerimientos de Inocuidad del Producto Basados en Normativa FDA

Se toman en cuenta los requerimientos para cuidado en la inocuidad del producto mediante la normativa FDA en las áreas donde se manipula el mismo. En este caso, la sala de proceso y los laboratorios son áreas donde el producto se encuentra expuesto al ambiente a diferentes temperaturas durante diferentes rangos de tiempo. La FDA indica que existen rangos de tiempo límite de exposición para diferentes temperaturas permitidos para garantizar que no se alcance la fase acelerada de crecimiento patogénico de bacterias en el producto¹⁴. En el caso de las empresas atuneras en Manta la principal preocupación es el crecimiento del *Staphylococcus aureus*.¹⁵

¹⁴ (Food and Drug Administration (FDA), "Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance", 2011), Capítulo 12, página 234

¹⁵ (Food and Drug Administration (FDA), "Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance", 2011), Capítulo 15, página 309

1.2.2.1. Requerimientos para Producto Pre cocido en Sala de Proceso

En el caso del atún en la sala de proceso es considerado como producto cocido – listo para consumir. Se puede encontrar diferentes tiempos de exposición para diferentes temperaturas como se indica en la Tabla 1.

TABLA 1
RANGOS ACEPTABLES DE EXPOSICIÓN DEL ATÚN
A DIFERENTES TEMPERATURAS¹⁶

TABLE 12-5					
CUMULATIVE TIME AND TEMPERATURE CRITICAL LIMITS					
WHEN THE PRODUCT INTERNAL TEMPERATURE RANGE IN °F (°C) IS...	THEN THE CUMULATIVE EXPOSURE TIME AT INTERNAL TEMPERATURES ABOVE 50°F (10°C) IN HOURS IS ¹ ...				
	1	2	3	5	12
RAW, READY TO EAT					
>50° (>10°)		X	X ²		
Alternatively, >50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)			X		
Plus >70 (>21.1)	X				
Alternatively, >50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)		X			
Plus >70 (>21.1)		X			
>50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)				X	X ³
COOKED, READY TO EAT					
>50° (>10°)	X		X ²		
Alternatively, >50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)			X		
Plus >70° (>21.1)	X				
>50 to ≤ 80 (>10 to ≤ 26.7)		X	X ²		
Alternatively, >50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)			X		
Plus >70 to <80 (>21.1 to <26.7)	X				
Alternatively, >50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)		X			
Plus >70 to <80 (>21.1 to <26.7)		X			
>50 to ≤ 70 (>10 to ≤ 21.1)				X	X ⁴

1. Time at temperatures of 13.5°F (57.2°C) and above is not counted.
2. Where *S. aureus* is the only pathogen of public health significance.
3. Temperature may exceed 70°F (21.1°C).
4. Temperature may exceed 80°F (26.7°C).

¹⁶ (Food and Drug Administration (FDA), "Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance", 2011), , Capítulo 12, página 236

Para el caso del estudio, se trabaja en los rangos donde el *Staphylococcus Aureus* es el único patógeno de interés porque, como se mencionó anteriormente, los otros patógenos se eliminan al llegar a temperaturas elevadas que se alcanzan en el proceso de esterilización de la lata.

1.2.2.2. Requerimiento para Producto en Laboratorios

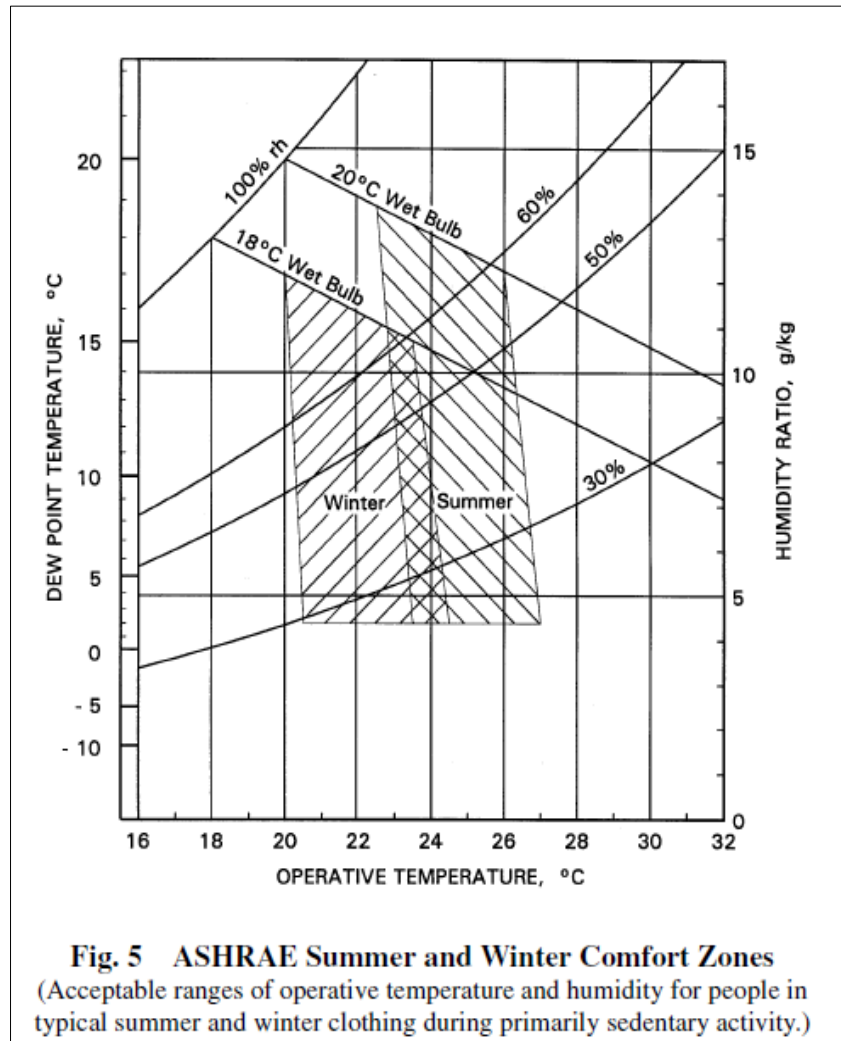
Dentro de los laboratorios se puede encontrar personal trabajando con muestras de producto cocido – listo para consumir o también con muestras de producto crudo. Para el producto cocido – listo para consumir se tienen las mismas condiciones de exposición que las nombradas para la sala de proceso, mientras que las condiciones que nombra la FDA para producto crudo tienen tiempos y temperaturas de exposición diferentes como se indica en la parte superior de la Tabla 1.

Para el caso de los análisis de los laboratorios se busca evitar el crecimiento de cualquier patógeno

que se pueda presentar por lo que los tiempos de exposición son los menores posibles para las diferentes temperaturas, siempre y cuando no se especifique que para muestras especiales el único patógeno de interés es el *Staphylococcus Aureus*.

1.2.3. Requerimientos de Bienestar Térmico Basados en Normativa ASHRAE

La norma ASHRAE está compuesta de varios estándares, pero para este estudio de bienestar térmico solo es necesario analizar los datos proporcionados en los estándares del ASHRAE 55, 62 y 90, los cuales contienen información sobre Confort térmico, Ventilación e Infiltración y Fuentes de Energía/Ahorro energético respectivamente. Se analizarán los datos relevantes para cada uno de los casos de importancia del estudio analizando cada uno de los posibles escenarios.



**FIGURA 1.9 ASHRAE ZONAS DE CONFORT PARA
 INVIERNO Y VERANO¹⁷**

¹⁷ (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001), capítulo 8, página 8.12

1.2.3.1. Requerimientos de Bienestar Térmico en Sala de Proceso

- Dentro de la sala de proceso el personal se encuentra en constante movimiento trabajando con esfuerzo físico medio – alto. Se encuentran personas caminando a velocidades desde 0.9 metros por segundo hasta 1.2 metros por segundo y realizando actividades misceláneas como corte de pescado de forma manual, levantamiento y/o arrastre de coches con bandejas para pescado o levantamiento de bandejas con pescado. Y trabajos con máquinas livianas hasta pesadas. El 85% del personal dentro de la sala realiza el corte del pescado. Las mujeres dentro de la sala de proceso, en su mayoría, usan camisa mangas cortas y falda corta, los hombres usan pantalón Jean y camisa mangas cortas. Los supervisores además usan mandiles largos mangas cortas.

En la Figura 1 del ANEXO 3 se indica la zona de temperaturas y humedades de confort para personas que visten ropa de verano o ropa de

invierno en actividad sedentaria primaria que es el caso del estudio.

- En la Figura 2 del ANEXO 3 sacada del ASHRAE STANDARD 62 indica que las temperaturas de confort y velocidades del aire son 73.4°F (23°C) a 4,6 pies por segundo (1,4 metros por segundo) cuando las personas están usando ropa de verano.
- En el ANEXO 4 indica las concentraciones permitidas de los diferentes gases que se encuentran en el aire para diferentes normativas. Para dióxido de carbono la concentración es de 10.000 ppm en un lapso de 8 horas.
- En el ANEXO 5 indica que la ventilación es directamente proporcional al número de personas y la aplicación de dicha zona. Se debe tener una ventilación continua de 15 pies cúbicos por minuto por persona de aire exterior. De esta manera mantener las concentraciones de los gases contaminantes dentro de la sala menores al rango máximo permitido.

1.2.3.2. Requerimientos de Bienestar Térmico en oficinas

- Dentro de las oficinas los colaboradores trabajan con camisa mangas cortas y pantalón Jean. Las actividades típicas de trabajo son llenado de papeles, empackado en cajas y trabajo en computadora.
- Las temperaturas y humedades relativas de confort son las mismas dentro de los rangos mencionados como requerimiento para la sala de proceso.
- En la Figura 2 del ANEXO 3 sacada del ASHRAE STANDARD 62 indica que las temperaturas de confort y velocidades del aire son 75,2°F (24°C) a 1 pie por segundo (0,3 metros por segundo) cuando las personas están usando ropa de verano. Es necesario trabajar dentro de los rangos propuestos en la figura para mantener el confort de la temperatura respetando la velocidad del aire sugerida.
- Para el caso de oficinas la concentración máxima de material particulado es menor, el control de niveles de concentración de dióxido de carbono y monóxido de carbono son igual de exigentes.

- En el ANEXO 4 las concentraciones máximas de dióxido de carbono, monóxido de carbono y material particulado son 10.000 ppm, 35 ppm y 5 mg/m³ como polvo suspendido en el aire respectivamente.
- En el ANEXO 5 indica que la ventilación es directamente proporcional al número de personas y la aplicación de dicha zona. Se debe tener una ventilación continua de 15 pies cúbicos por minuto por persona de aire exterior. De esta manera mantener las concentraciones de los gases contaminantes dentro de la sala menores al rango máximo permitido.

1.2.3.3. Requerimientos de Bienestar Térmico en Laboratorios.

- Dentro de los laboratorios los colaboradores trabajan con camisa mangas cortas, mandil y pantalón Jean. Las actividades típicas de trabajo son trabajo con máquinas electrónicas, cocinado, llenado de papeles, empacado en cajas y trabajo en computadora.

- Las temperaturas y humedades relativas de confort son las mismas dentro de los rangos mencionados como requerimiento para la sala de proceso.
- En la Figura 2 del ANEXO 3 sacada del ASHRAE STANDARD 62 indica que las temperaturas de confort y velocidades del aire son 74,3°F (23,5°C) a 4 pies por segundo (1,2 metros por segundo) cuando las personas están usando ropa de verano. Es necesario trabajar dentro de los rangos propuestos en la figura para mantener el confort de la temperatura respetando la velocidad del aire sugerida.
- En el ANEXO 4 las concentraciones máximas de dióxido de carbono, monóxido de carbono y material particulado son 10.000 ppm, 35 ppm y 5 mg/m³ como polvo suspendido en el aire respectivamente.
- En el ANEXO 5 indica que la ventilación es directamente proporcional al número de personas y la aplicación de dicha zona. Se debe tener una ventilación continua de 15 pies cúbicos por minuto por persona de aire exterior. De esta manera mantener

las concentraciones de los gases contaminantes dentro de la sala menores al rango máximo permitido.

1.2.4. Selección de Requerimientos para Diseño del Sistema de Climatización.

Los requerimientos de diseño de cada una de las ares a climatizar en el análisis del Estudio de Climatización son basados en las normas antes mencionadas como ASHRAE, OSHA y FDA, cada una de estas normas indican márgenes necesarios para la selección de equipos correctamente con sus accesorios necesarios. El ASHRAE de la mano con OSHA Y FDA indica que la temperatura efectiva, humedad relativa, material particulado, velocidad del aire son requerimientos principales de diseño.

1.2.4.1. Selección de Requerimientos para Diseño de Sistema para Sala de Proceso.

Temperatura efectiva y humedad relativa:

El manual técnico OSHA indica que el rango de temperaturas y humedades relativas para el

bienestar térmico, para las actividades físicas comunes de trabajo en esta área, son 71,6°F (22°C) temperatura de operación, 60% de humedad relativa, 64,4°F (18°C) temperatura de bulbo húmedo como límite mínimo y 78,8°F (26°C) temperatura de operación, 50% de humedad relativa, 68°F (20°C) temperatura de bulbo húmedo como límite máximo para las condiciones de trabajo de los colaboradores dentro de la sala, permitiendo en este rango de operación que el producto tenga un tiempo de exposición de 3 horas ya que el único patógeno de interés es el *Staphylococcus Aureus* dentro del límite crítico 2.

Ventilación:

El ASHRAE STANDARD 62 en base a estudios relacionados con el manual técnico de OSHA indica que las concentraciones máximas permitidas para dióxido de carbono son 10.000 ppm, para monóxido de carbono 35 ppm y para material particulado 5 mg/m³ como polvo. Para mantener rangos menores indica que para salas donde se trabaje procesando carnes y mariscos debe haber una ventilación

mínima de 5 pies cúbicos por minuto por persona como promedio.

Velocidad del aire:

El ASHRAE STANDARD 62 indica que las velocidades del aire y temperaturas confort están de la mano de la actividad que se esté realizando y para nuestro caso se puede observar actividades hasta de 2 mets que permite trabajar a una temperatura promedio del rango de bienestar térmico de 73,4°F (23°C) a velocidades del aire de 4,6 pies por segundo (1,4 metros por segundo) cuando las personas están usando ropa de verano.

1.2.4.2. Selección de Requerimientos para Diseño de Sistema para oficinas.

Temperatura efectiva y humedad relativa:

El manual técnico OSHA en base a estudios relacionados de la normativa ASHRAE indica que el rango de temperaturas y humedades relativas para el bienestar térmico son 73°F ± 4°F (23°C ± 2°C)

temperatura de operación, 50% y 60% de humedad relativa para las condiciones de trabajo de los colaboradores dentro de las oficinas, permitiendo así que el bienestar térmico sea efectivo.

Ventilación:

El ASHRAE STANDARD 62 en base a estudios relacionados con el manual técnico de OSHA indica que las concentraciones máximas permitidas para dióxido de carbono son 10.000 ppm, para monóxido de carbono 35 ppm y para material particulado 5 mg/m³ como polvo. Para mantener rangos menores indica que para oficinas se debe considerar la aplicación de la oficina, teniendo en nuestro caso:

- Espacio de Oficina: debe haber una ventilación mínima de 5 cfm por persona como promedio.
- Áreas de Recepción: debe haber una ventilación mínima de 5 cfm por persona como promedio.
- Sala de reuniones: debe haber una ventilación mínima de 5 cfm por persona como promedio.

Velocidad del aire:

El ASHRAE STANDARD 62 indica que las velocidades del aire y temperaturas confort están de la mano de la actividad que se esté realizando y para nuestro caso podemos observar actividades hasta de 1.5 mets que nos permite trabajar a una temperatura promedio del rango de bienestar térmico de 74,3°F (23°C) a velocidades del aire de 2,6 pies por segundo (0,8 metro por segundo) cuando las personas están usando ropa de verano.

1.2.4.3. Selección de Requerimiento para Diseño de Sistema para Laboratorios.

Temperatura efectiva y humedad relativa:

Mediante el estudio de la normativa FDA “Fish and Fishery Guidance” que plantea límites críticos de tiempo de exposición del producto para rangos de temperatura y en conjunto con la norma ASHRAE STANDARD 55 que indica rangos de temperatura y humedad relativa para bienestar térmico con ropa de invierno, considerando el uso de mandil mangas largas durante todo momento dentro de los

laboratorios, se considera que la temperatura efectiva y humedad relativa deben mantenerse en un rango de operación estrictamente entre 64,4°F (18°C) / 50%HR y 69,8°F (21 °C) / 50%HR respectivamente, permitiendo en este rango de operación que el producto tenga un tiempo de exposición de 3 horas ya que el único patógeno de interés es el *Staphylococcus Aureus* dentro del límite crítico 3. Bajo estas condiciones se podrán realizar las pruebas de laboratorio sin que el producto se vea afectado por el tiempo de ejecución de las mismas.

Ventilación:

El ASHRAE STANDARD 62 en base a estudios relacionados con el manual técnico de OSHA indica que las concentraciones máximas permitidas para dióxido de carbono son 10.000 ppm, para monóxido de carbono 35 ppm y para material particulado 5 mg/m³ como polvo. Para mantener rangos menores indica que para laboratorios debe haber una ventilación mínima de 10 cfm por persona como promedio.

Velocidad del aire:

El ASHRAE STANDARD 62 indica que las velocidades del aire y temperaturas confort están de la mano de la actividad que se esté realizando y para este caso se puede observar actividades hasta de 2 mets que permite trabajar a una temperatura promedio del rango de bienestar térmico de 66,2°F (19°C) a velocidades del aire de 3,94 pies por segundo (1,2 metros por segundo) cuando las personas están usando ropa de invierno.

CAPÍTULO 2

2. ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA DE LOS ESPACIOS A CLIMATIZAR

2.1. Definición de las Cargas Térmicas

Uno de los objetivos de este estudio es mantener condiciones de bienestar térmico en cada una de las áreas de interés para la conservación del producto en interés y de los colaboradores.

Para lograr dichas condiciones de bienestar térmico es necesario remover calor cuando hay exceso del mismo. El cálculo de la carga térmica es de importancia para el dimensionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire que realizarán este trabajo.

En el proceso de acondicionamiento de aire, hay una transferencia simultánea de calor y de masa. Los tipos de calor ganado dentro de

un local se clasifican en calor sensible y calor latente, por lo tanto, para una correcta selección del equipo de enfriamiento y humidificación, se debe determinar las cargas de calor sensible y latente existentes en dicho espacio.

La carga de calor sensible es definida como la tasa a la que el calor es removido dentro del espacio, manteniendo la humedad relativa del aire de la habitación constante. La carga de calor latente, es esencialmente una carga de enfriamiento instantáneo.

Los componentes básicos de las cargas de calentamiento y enfriamiento son ilustrados en la siguiente figura.

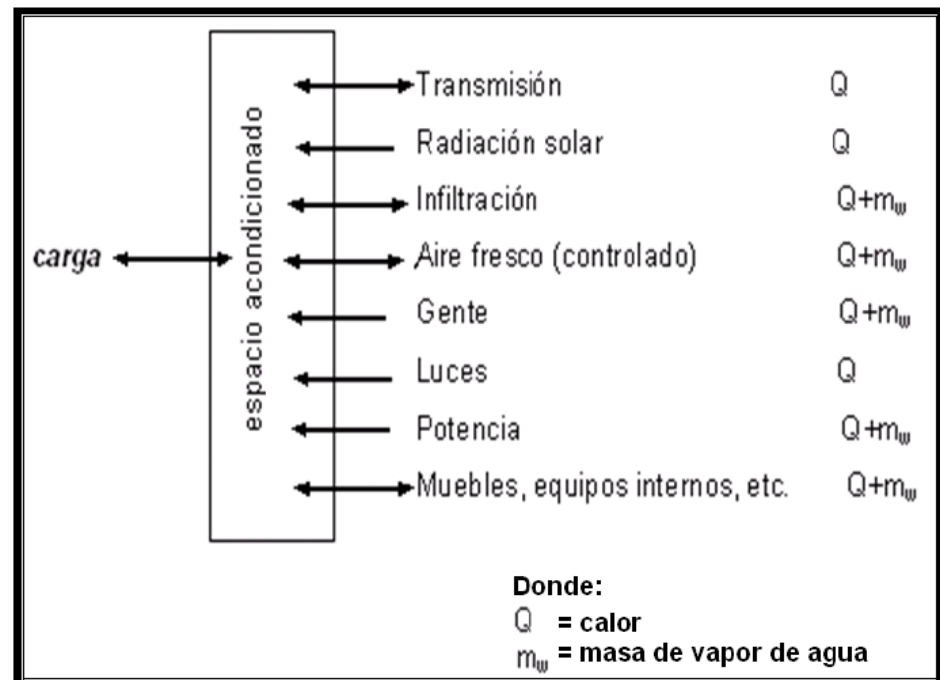


FIGURA 2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE LAS CARGAS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO. ¹⁸

Condiciones Iniciales de Diseño

Se tiene diferentes factores desfavorables para el rendimiento de los colaboradores en las áreas de interés, el bienestar térmico es uno de los grandes factores por lo cual es necesario remover el calor que se genera por la cantidad de personas, la luz solar en el techo, etc.

¹⁸ (ASHRAE "PRINCIPALES OF HEATING, VENTILATING AND AIR CONDITIONING", 1997)

En la sala de procesos el mayor problema para la generación de calor la cantidad de personas en las horas pico donde pueden llegar hasta 600 colaboradores realizando diferentes actividades de su trabajo.

En las oficinas el mayor problema es la poca renovación de aire en las mismas pero la cual es un factor desfavorable para los colaboradores y se requiere un correcto sistema de climatización.

En los laboratorios no se tiene un correcto sistema de ventilación y filtrado por la cual es un factor desfavorable para el producto a procesar y no obtener resultados correctos del mismo.

Adicionalmente es necesario definir previamente las temperaturas con las que se trabajarán en cada una de las áreas y las temperaturas del ambiente en el transcurso del día más caliente del año. Las temperaturas son los requerimientos finales de diseño mencionados en el capítulo # 1 para cada uno de los espacios a climatizar y el día más caliente es el que encontró durante el estudio realizado previamente es este capítulo.

TABLA 2
RANGO DE TEMPERATURAS DE LAS ZONAS A CLIMATIZAR

	Áreas			
	Ambiente	Sala de Procesos	Oficinas	Laboratorios
Temperatura máxima	33.8 ° C (92.8 ° F)	26 ° C (78.8 ° F)	25 ° C (77 ° F)	21 ° C (70 ° F)
Temperatura mínima	22 ° C (71.6 ° F)	22 ° C (71.6 ° F)	21 ° C (69.8 ° F)	18 ° C (64.4 ° F)

Para realizar un estudio más detallado de las cargas que reciben las áreas de interés, se realizó una zonificación de la misma, de tal forma que se pueda realizar un análisis individual y, al mismo tiempo, en conjunto de todo el edificio. Para ello, se realizó la siguiente tabla donde se detallan las divisiones realizadas:

TABLA 3
ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERÉS

ZONIFICACIÓN	
PRODUCCIÓN	
ZONA 1	Sala de Proceso
OFICINAS	
ZONA 2	Sala de Operaciones
ZONA 3	Mantenimiento Preventivo

ZONA 4	Jefe de Mantenimiento Preventivo
ZONA 5	Directora de Operaciones
ZONA 6	Proyectos
ZONA 7	Investigación y Desarrollo
ZONA 8	Cuarto de Sistemas
ZONA 9	Asistentes de Directora de Operaciones Administrativas
ZONA 10	Asistentes de Directora de Operaciones para Proceso
ZONA 11	Supervisores Generales de Packing
ZONA 12	Supervisores de ISO 22000
ZONA 13	Gerente de Aseguramiento de Calidad
ZONA 14	Sanidad
ZONA 15	Documentación
ZONA 16	Pasillo y sala de espera de Oficinas
ZONA 17	Jefe de Aseguramiento de Calidad
ZONA 18	Supervisores de Aseguramiento de Calidad
LABORATORIOS	
ZONA 19	Microbiología
ZONA 20	Grading (Calificación)
ZONA 21	Análisis Químico
ZONA 22	Análisis de Agua
ZONA 23	Pasillo y sala de espera de Laboratorios

No se disponía de unos correctos planos arquitectónicos por los cuales se hicieron mediciones en cada una de las áreas de interés.

Se realizó una tabla con cada una de las mediciones obtenidas como se aprecia en el Anexo 6.

Condiciones Exteriores de Diseño

La estimación de la carga de enfriamiento de cada una de las áreas de interés es para determinar la más alta.

El diseño de la temperatura exterior se basa en la frecuencia de operación del mismo.

Los valores medios de temperatura para la ciudad de Manta son 80,4°F (26.9°C) y 73,6°F (23.1°C) y se halla un promedio de 77,2°F (25.1°C). Para el diseño se usa las condiciones extremas por lo que la temperatura es 93°F (33.9°C)

Las diferentes temperaturas en los diferentes meses del año 2012 se aprecian en el ANEXO 7, donde se indica temperatura máxima, mínima y promedio.

Condiciones Interiores de Diseño

Las áreas de interés tienen diferentes tipos de trabajo cada una, donde permanecen colaboradores con trabajo poco forzado como en las oficinas y laboratorios, mientras en la sala de proceso se tiene diferentes tipos de trabajo como forzado a las colaboradoras q

despellejan la albacora y pesado para los colaboradores de mantenimiento que trabajan con las maquinas.

La iluminación y la renovación de aire es uno de los aspectos fundamentales en cada una de las áreas de interés para el correcto funcionamiento de cada uno de los colaboradores, estos aspectos generan una gran carga térmica que debe ser evacuada para mantener las condiciones de bienestar térmico.

En la sala de procesos la temperatura efectiva y humedad relativa deben mantenerse en 74°F y 60% según lo definido en la sección 1.2.4.1 del Capítulo 1.

En los laboratorios la temperatura efectiva y humedad relativa deben mantenerse en un rango de operación estrictamente entre 64°F / 50% y 70°F / 50% respectivamente según lo definido en la sección 1.2.4.2 del Capítulo 1.

En las oficinas el rango de temperaturas y humedades relativas para el bienestar térmico son 74°F $\pm$ 4°F temperatura de operación, 50% y 60% de humedad relativa según lo definido en la sección

1.2.4.1 del Capítulo 1 según lo definido en la sección 1.2.4.3 del Capítulo 1.

2.1.1. Ganancias por Insolación de las Superficies de Vidrio

▪ Vidrios Exteriores. [19](#)

Las ganancias por insolación de las superficies de vidrio se ven directamente afectadas por la variable de radiación solar, la cual al impactar directamente a superficies expuestas influye como una carga significativa. La ganancia de calor solar y transferencia de calor por conductividad depende del tipo de vidrio, marco y, en el caso de existir, de elementos que proporcionen sombras dentro o fuera del espacio a climatizar.

Para obtener la carga térmica de las ganancias por insolación de las superficies de vidrio es necesario aplicar el siguiente procedimiento.

$$q = A \times SC \times SHGF \times CLF \quad (2.1)$$

Dónde cada término corresponde a:

A El área de la superficie de vidrio

[19](#) (ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980), Capítulo 3, Página 81

SC Coeficiente de sombra para tipo de vidrio

SHGF Factor de ganancia de calor por orientación de superficie

CLF Factor de carga de enfriamiento con/sin sombra

Todos los vidrios existentes en la empresa son simples ordinarios con 6mm de espesor. Con estas características por medio de tablas del ANEXO 8 se obtiene los siguientes datos.

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS DE VIDRIO SIMPLE DE 6 MM DE
ESPESOR AL EXTERIOR.

	<i>SC</i>	<i>SHGF</i> [<i>Btu/(hr · ft²)</i>]	<i>CLF</i>
Vidrio Simple	1	118	0,59

2.1.2. Ganancias por Transmisión de Calor y Vapor de Agua a Través de Estructura del Edificio

Dentro de las ganancias por transmisión de calor y vapor de agua, están considerados los aportes de techos y paredes.

Cada una de las áreas de interés tiene diferentes características entre cada una de ellas, por lo cual se las considera de forma separada cada una de ellas.

Esta carga térmica se encuentra influenciada por varios factores, uno de ellos es la ganancia de calor a través de superficies exteriores, para las cuales parámetros que definen significativamente esta ganancia son los colores, la inclinación y los ángulos solares de las diferentes paredes.

- **Techos²⁰**

El análisis de la carga que genera el techo de las áreas a climatizar viene dado por la investigación de los materiales que lo componen. Los rayos solares y las elevadas temperaturas del exterior, hacen que afluya en el espacio acondicionado.

Las zonas las cuales están en contacto con los rayos solares por medio de losas son la sala de proceso y las oficinas de producción, las oficinas de aseguramiento de calidad de la planta alta son consideradas pero las que se

²⁰ (ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980), Capítulo 3, Página 58

encuentran en planta baja consideran una carga interna por diferencias de temperaturas.

Para obtener la carga térmica de las ganancias por techos es necesario aplicar el siguiente procedimiento.

$$q = U \times A \times CLTD \quad (2.2)$$

Dónde cada término corresponde a:

U: Coeficiente de diseño de transferencia de Calor

A: Área calculada por planos arquitectónicos

CLTD: Carga de enfriamiento diferentes temperaturas

En las diferentes zonas de la empresa, las losas en contacto con el sol tienen diferentes características por lo cual se obtiene diferentes datos por medio de tablas de cada una de ellas.

Con estas características, por medio de tablas del ANEXO 9, se obtiene los siguientes datos.

TABLA 5
CARACTERÍSTICAS PARA CÁLCULO DE LAS DIFERENTES
TIPOS DE TECHOS

Tipos de Áreas	<i>Orientación</i> [H/V]	<i>Factor U</i> [BTU/h · ft ² · °F]	ΔT [°F]	<i>CLTD</i>		
				09:00	15:00	19:00
Sala de Proceso	H	0,213	21	34	77	30
Oficinas Administrativas de Proceso	H	0,213	24	23	78	42
Oficinas de Aseguramiento de Calidad	H	0,081	24	23	78	42

▪ **Paredes Exteriores**[21](#)

El análisis de la carga que genera las paredes en contacto con el sol, llamadas paredes exteriores viene dado por la investigación de los materiales que lo componen, son materiales muy comunes en cada una de las paredes de interés. Los rayos solares y las elevadas temperaturas del exterior, hacen que afluya en el espacio acondicionado.

Las zonas las cuales están en contacto con los rayos solares por medio de paredes exteriores son en algunas

[21](#) (ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980), Capítulo 3, Página 64

de las oficinas administrativas de procesos, oficinas de aseguramiento de calidad y laboratorios, las paredes internas no tienen incidencia con el exterior ni el sol, se considera una carga interna por diferencia de temperaturas.

Para obtener la carga térmica de las ganancias por paredes exteriores es necesario aplicar el siguiente procedimiento.

$$q = U \times A \times CLTD \text{ (2.3)}$$

Dónde cada término corresponde a:

U : Coeficiente de diseño de transferencia de Calor

A : Área calculada por planos arquitectónicos

$CLTD$: Carga de enfriamiento diferentes temperaturas

Con estas características por medio de tablas del ANEXO 10 se obtiene los siguientes datos.

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS PARA CÁLCULO DE LAS DIFERENTES
TIPOS DE PAREDES

Tipos de Áreas	<i>Orientación</i> [S/E]	<i>Factor U</i> [BTU/h · ft ² · °F]	<i>ΔT</i> [°F]	<i>CLTD</i>		
				09:00	15:00	19:00
Oficinas Administrativas de Proceso	S	0,308	24	4	29	31
Oficinas Aseguramiento de Calidad	E	0,319	24	18	36	30
Laboratorios	E	0,319	28	18	36	30

2.1.3. Ventilación e Infiltraciones²²

▪ Ventilación

El HVAC FUNDAMENTALS ASHRAE indica que un área con ocupantes necesita ventilación y renovación de aire, conociendo el número de personas que pueden permanecer dentro de las áreas a climatizar durante un periodo de tiempo y tomando las recomendaciones del mismo se puede encontrar el flujo de aire necesario.

²² (ASHRAE, "ASHRAE STANDARD 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", 2007)

La norma indica que el caudal de aire que necesita cada persona depende mucho de la actividad que esté realizando, se puede obtener los siguientes datos:

TABLA 7
RANGOS DE VENTILACIÓN DE AIRE AMBIENTE

Tipos de Áreas	$Vent_{m\acute{a}x}$ [cfm/persona]	$Vent_{min}$ [cfm/persona]	$Vent_{recom}$ [cfm/persona]
Sala de Proceso	15	5	10
Oficinas Administrativas	10	5	5
Laboratorios	15	5	10

El flujo de aire necesario para cada una de las áreas de interés se los puede observar en la siguiente tabla, se obtiene del ANEXO 5:

TABLA 8
CAUDALES DE AIRE DE ZONAS A CLIMATIZAR

Zonas	# personas	Ventilación [cfm/persona]			$\dot{Q}_{aire}$ [m³/h]		
		máx	min	recom	máx	min	recom
PRODUCCIÓN							
ZONA 1	800	15	5	5	20327,99	6776,00	13551,99

OFICINAS							
ZONA 2	25	10	5	5	423,50	211,75	211,75
ZONA 3	9				152,46	76,23	76,23
ZONA 4	4				67,76	33,88	33,88
ZONA 5	13				220,22	110,11	110,11
ZONA 6	7				118,58	59,29	59,29
ZONA 7	3				50,82	25,41	25,41
ZONA 8	3				50,82	25,41	25,41
ZONA 9	6				101,64	50,82	50,82
ZONA 10	12				203,28	101,64	101,64
ZONA 11	5				84,70	42,35	42,35
ZONA 12	13				220,22	110,11	110,11
ZONA 13	7				118,58	59,29	59,29
ZONA 14	7				118,58	59,29	59,29
ZONA 15	11				186,34	93,17	93,17
ZONA 16	8				135,52	0,00	0,00
ZONA 17	5				84,70	42,35	42,35
ZONA 18	8				135,52	67,76	67,76
LABORATORIOS							
ZONA 19	5	15	5	10	127,05	42,35	84,70
ZONA 20	11				279,51	93,17	186,34
ZONA 21	9				228,69	76,23	152,46
ZONA 22	4				101,64	33,88	67,76
ZONA 23	4				101,64	0,00	0,00

Estos valores se utilizarán en el Capítulo 3, el Análisis Psicométrico indica cuanto varia la carga térmica haciendo la renovación de aire con los parámetros máximos, mínimos y de ventilación. Pudiendo visualizar estos resultados se puede seleccionar en cada una de las zonas si se utiliza el recomendado o el mínimo, el máximo no se usaría por motivos que las situaciones máximas con respecto a la renovación.

- **Infiltraciones**

Las infiltraciones son un aspecto a tomar en cuenta dentro de las cargas térmicas de un edificio. Las rendijas, apertura de puertas, ventoleras, entre otros.

Para el caso de cada una de las áreas a climatizar se mantiene bajo una presión positiva durante las condiciones de trabajo máximo y mínimo, por lo tanto no existen infiltraciones en el tiempo que se está trabajando.

2.1.4. Ganancias de Calor Interiores y Debido a la Instalación

Las cargas internas que se generan dentro de un local a climatizar dependen mucho de la aplicación del mismo. Son la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad. Se aplica a todas las cargas el factor correspondiente de diversidad y empleo, oscilan mucho en diferentes periodos de tiempo.

Generalmente, las ganancias internas son causadas por los siguientes factores:

- **Personas²³**

En el cuerpo humano se producen unas transformaciones exotérmicas cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad desarrollada que resultan completamente en calor y que deben ser continuamente disipados y regulados para mantener una temperatura normal del cuerpo humano.

El calor que se genera en el cuerpo humano, se disipa por radiación, convección y evaporización desde su superficie, por convección y evaporización a través del sistema respiratorio.

El calor sensible transferido por medio de una persona a la carga térmica de un establecimiento, se encuentra afectado por las condiciones térmicas propias del establecimiento dado que un porcentaje del calor sensible es energía radiante.

Para obtener la carga térmica de las ganancias por personas es necesario aplicar el siguiente procedimiento.

²³ (ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980), Capítulo 4, Pagina 113

$$q_t = q_s + q_l \quad (2.4)$$

$$q_s = \frac{q_s}{personas} \times \#_{personas} \times CLF \quad (2.5)$$

$$q_l = \frac{q_l}{personas} \times \#_{personas} \quad (2.6)$$

Dónde cada término corresponde a:

q_t : Calor Total $\frac{q_s}{personas}$: Ganancia de calor sensible por
persona

q_s : Calor Sensible $\frac{q_l}{personas}$: Ganancia de calor latente por
persona

q_l : Calor Latente CLF : Factor de Carga de Enfriamiento

Cantidad de personas en su estado máximo y mínimo para cada una de las áreas de interés se los puede observar en la siguiente tabla, se obtiene del ANEXO 11:

TABLA 9
CARGAS TÉRMICAS PARA PERSONAS EN LAS DIFERENTES ZONAS A CLIMATIZAR

<i>Zona</i>	<i># personas [u]</i>		<i>Calor Latente/persona</i>	<i>Calor Sensible/persona</i>	<i>CLF</i>
	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>[BTU/h-persona]</i>	<i>[BTU/h-persona]</i>	
PRODUCCIÓN					

ZONA 1	800	600	695	345	1
OFICINAS					1
ZONA 2	25	10	190	230	1
ZONA 3	9	2	255	255	1
ZONA 4	4	1	190	230	1
ZONA 5	13	1	190	230	1
ZONA 6	7	1	255	255	1
ZONA 7	3	1	190	230	1
ZONA 8	3	0	255	255	1
ZONA 9	6	2	190	230	1
ZONA 10	12	2	255	255	1
ZONA 11	5	1	255	255	1
ZONA 12	13	2	255	255	1
ZONA 13	7	1	190	230	1
ZONA 14	7	3	190	230	1
ZONA 15	11	5	255	255	1
ZONA 16	8	0	140	210	1
ZONA 17	5	1	190	230	1
ZONA 18	8	2	190	230	1
LABORATORIOS					1
ZONA 19	5	2	435	345	1
ZONA 20	11	5	435	345	1
ZONA 21	9	5	435	345	1
ZONA 22	4	2	435	345	1
ZONA 23	4	0	140	210	1

El factor de carga de enfriamiento (CLF) para este caso es 1 ya que ninguna de las áreas a climatizar trabaja 24 horas, y en la sala de procesos la densidad de personas es alta.

▪ Iluminación²⁴

En cada una de las áreas de interés es fundamental la correcta iluminación para que los colaboradores puedan

²⁴ (ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980), Capítulo 4, Página 109

realizar el trabajo sin ningún tipo de problema. Esta iluminación, genera una gran carga térmica que debe ser evacuada para mantener las condiciones de bienestar térmico. Para este caso se usa la llamada “Luz fría”, es decir, baja producción de carga térmica.

Las luminarias corresponden a una fuente adicional de calor sensible, este calor se emite al ambiente mediante convección, radiación y conducción. Solo una pequeña fracción del calor emitido por radiación es absorbida por los materiales que rodean la luminaria y el calor remanente es contribuido al ambiente a través de radiación y convección

La fuente primaria de calor de la luminaria proviene de elementos emisores de luz como por ejemplo las lámparas. El calor adicional puede ser generado a partir de los balastos y otros accesorios propios de las luminarias.

La carga térmica en cualquier instante de tiempo debido a la luminaria se calculó a través:

$$q_s = 3,41 \times q_l \times F_u \times F_s \times CLF \quad (2.7)$$

$$q_l = \#_{lamparas} \times w_{lampara} \quad (2.8)$$

Dónde cada término corresponde a:

q_s : Calor sensible por iluminación
[Btu/hr]

F_s : Factor de permisibilidad / Lamp.
fluorescentes

q_l : Potencia total de lámparas [W]

3,41: Factor de conversión de W a Btu/hr

F_u : Fracción de uso lumínico

CLF: Factor Lumínico de Carga de
Enfriamiento

$w_{lampara}$: potencia lámpara [W]

La potencia total de luces se encuentra a partir de la cantidad de luces instaladas, en cada una de las zonas a climatizar se tiene diferentes tipos de luces, la cantidad depende del área y la aplicación de la misma.

Se obtiene las diferentes características de los diferentes tipos de luces en el ANEXO 12:

TABLA 10
DESCRIPCIÓN DE LÁMPARAS EN ZONAS A CLIMATIZAR

ZONA	CANT. LÁMPARAS		POTENCIA [WATTS]	
	TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR	TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR
PRODUCCIÓN				
ZONA 1	430	0	32	20

OFICINAS				
ZONA 2	8	0	32	20
ZONA 3	12	6	32	20
ZONA 4	6	0	32	20
ZONA 5	9	0	32	20
ZONA 6	6	0	32	20
ZONA 7	2	0	32	20
ZONA 8	4	0	32	20
ZONA 9	6	0	32	20
ZONA 10	6	0	32	20
ZONA 11	3	0	32	20
ZONA 12	24	0	32	20
ZONA 13	8	0	32	20
ZONA 14	4	0	32	20
ZONA 15	8	0	32	20
ZONA 16	4	9	32	20
ZONA 17	4	0	32	20
ZONA 18	4	0	32	20
LABORATORIOS				
ZONA 19	16	0	32	20
ZONA 20	10	0	32	20
ZONA 21	16	0	32	20
ZONA 22	4	0	32	20
ZONA 23	0	14	32	20

El factor de uso lumínico F_u es la proporción de potencia en uso, para las condiciones sobre las cuales se estimó la carga de luminaria y la potencia instalada. Para aplicaciones de trabajo continuo como en cada una de las áreas a climatizar y recomendado por la ASHRAE es 1.0 (ASHRAE Fundamentals, P.10-3).

El factor de permisibilidad lumínico F_s es la relación entre el consumo de energía y el valor nominal de consumo de energía de las lámparas. Para las luces incandescentes, este factor es 1. Para las luces fluorescentes, el factor de permisibilidad lumínico puede ser inferior a 1.

TABLA 11
FACTORES PARA CÁLCULO DE CARGAS DE
LUMINARIAS

ZONA	F_u	F_s	CLF
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	1	0,94	0,88
OFICINAS			
ZONA 2	1	0,94	0,85
ZONA 3	1	0,94	0,85
ZONA 4	1	0,94	0,85
ZONA 5	1	0,94	0,85
ZONA 6	1	0,94	0,85
ZONA 7	1	0,94	0,85
ZONA 8	1	0,94	0,85
ZONA 9	1	0,94	0,85
ZONA 10	1	0,94	0,85
ZONA 11	1	0,94	0,85
ZONA 12	1	0,94	0,85
ZONA 13	1	0,94	0,85
ZONA 14	1	0,94	0,85
ZONA 15	1	0,94	0,85
ZONA 16	1	0,94	0,85
ZONA 17	1	0,94	0,85
ZONA 18	1	0,94	0,85
LABORATORIOS			
ZONA 19	1	0,94	0,85
ZONA 20	1	0,94	0,85
ZONA 21	1	0,94	0,85
ZONA 22	1	0,94	0,85
ZONA 23	1	0,94	0,85

▪ Equipos Varios²⁵

Estos tipos de equipos son necesarios para líquido de cobertura en el caso de la sala de proceso, para realizar los análisis de las muestras tomadas en el proceso y además para la esterilización de utensilios de laboratorio.

Los equipos varios son equipos generadores de calor, como reservorios calentador de agua, baño maría, autoclave, estufa.

$$q_t = q_s + q_l \quad (2.9)$$

$$q_s = F_u \times \%_{uso\ s} \times potencia_{equipos} \quad (2.10)$$

$$q_l = F_u \times \%_{uso\ l} \times potencia_{equipos} \quad (2.11)$$

q_t = calor total.

q_s = calor sensible

q_l = calor latente

$\%_{uso\ l}$ = Porcentaje de uso de calor latente

$\%_{uso\ s}$ = Porcentaje de uso de calor sensible

Cada uno de los factores es obtenido del ANEXO 12.

²⁵ (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001), Capítulo 29, Página 29.8

TABLA 12
CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA Y FACTORES DE USO POR EQUIPO.

ZONA	EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	POTENCIA	FACTOR DE USO	GANANCIA DE CALOR [%]	
						SENSIBLE	LATENTE
ZONA 1	Reservorio calentador de agua		3	5500	1.00	0.70	0.30
	Reservorio calentador de agua		1	3500	1.00	0.70	0.30
LABORATORIOS							
ZONA 19	Baño María	Mermmet	1	1200	0.80	1.00	0.00
	Autoclave	25XL	2	1050	0.50	0.40	0.60
	Estufa	VWR by Sheldon MFG	2	840	0.50	0.40	0.60
	Estufa	VWR Scientific Products	1	800	0.50	0.40	0.60
	Central de Contaminación	C4	1	246	0.80	0.70	0.30
	Congelador	Durex	2	559.5	0.70	1.00	0.00
	Estufa	Mermmet U15	1	1400	0.50	0.40	0.60
	Estufa	Mermmet SFE500	1	2000	0.50	0.40	0.60
	Equipos Varios		1	100	0.50	1.00	0.00
ZONA 20	Congelador	Durex	1	800	0.80	1.00	0.00
	Estufa de Presión		1	150	0.80	0.40	0.60
	Calentador	IMACO	1	900	0.80	0.60	0.40
	Abridor de latas	Inoxidable	3	144	0.50	1.00	0.00
ZONA 21	Agitador	Heidolf	1	115	0.40	1.00	0.00
	Fluorómetro	Quanteh	1	75	0.90	0.80	0.20
	Fluorómetro	Tuner	1	60	0.80	0.80	0.20
	Purificador de aire		1	300	1.00	1.00	0.00
	Clorómetro	Lobconco	1	30	0.50	1.00	0.00

	Refrigerador	Mabe	1	300	0.70	1.00	0.00
	Balanzas/Estufas	Mettler Toledo	1	300	0.80	0.60	0.40
	Estufas	VWR	2	1080	0.75	0.40	0.60
	Congelador	Durex	1	500	0.70	1.00	0.00
	Microondas	Amanda	1	1700	0.40	1.00	0.00
	Equipos Varios		1	250	0.70	1.00	0.00
ZONA 22	Calentador de Agua		1	1000	0.30	0.80	0.20

▪ Motores²⁶

La ganancia de calor por motores se presenta en la sala de procesos, se tiene muchos motores como en: bandas transportadoras, llenadoras, bombas dosificadoras, transportadores de cordón, cerradoras, etc.

$$q_s = (Potencia_{equipos} / eficiencia) \times F_u \times F_l \quad (2.12)$$

F_u = Factor de utilización

F_l = Factor de Carga

Cada uno de los factores es obtenido del ANEXO 13.

²⁶ (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001), Capítulo 29, Página 29.8

TABLA 13

CARACTERÍSTICAS DE MOTORES EN SALA DE PROCESO.

ZONA	MÁQUINA	N° DE MÁQUINAS	PARTES	N° DE PARTES	MOTOR		
		[u]		[u]	MARCA	POTENCIA [HP]	EFICIENCIA
ZONA 1	Mesa de limpieza	7	Transportador de banda	2	Baldor	3	0.89
	Llenadora Luthy	4	Llenadora	1	Sumitomo	7.5	0.91
	Dosificador de líquido	3	Bomba Dosificadora	2	Baldor	0.75	0.74
			Transportador de cordón	1	Baldor	0.75	0.84
	Cerradora FMC	3	Cerradora	1	Electramo	11	0.917
	Lavadoras de Lata	3	Bomba de lavadora	3	Baldor	2	0.74
			Transportador de banda	1	Baldor	0.75	0.84
	Termo - encogido	1	Bomba de vacío	1	Lincoln	3	0.91
			Transportador de Banda	3	Lincoln	1	0.87
			Transporador de cordón	2	Lincoln	7.5	0.91
	Mesa de limpieza	7	Transportador de banda	2	Baldor	3	0.89

Se usa los valores correspondiente a los motores de corriente continua TEFC (Totalmente sellados enfriados por ventilador) y se considera un factor de utilización de 0.95 debido a que la carga no es completamente continua.

▪ **Equipos Informáticos.²⁷**

Los equipos informáticos generan calor al momento de su funcionamiento, calor sensible el cual tiene que ser removido para el bienestar térmico de los ocupantes.

$$q_s = \text{sensible} \times CLF \text{ (2.13)}$$

Sensible= Es la carga sensible por cada uno de los elementos eléctricos que existen en las áreas a climatizar.

CLF= Factor de Carga de enfriamiento.

Cada uno de los factores es obtenido del ANEXO 14.

²⁷ (ASHRAE Journal, "Heat Gain From Office Equipment", 2000)

TABLA 14

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS INFORMÁTICOS DE OFICINA.

ZONA	CANT. EQUIPOS [u]							GANANCIA POR EQUIPOS [BTU/h]						
	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS
OFICINAS														
ZONA 2	0	1	0	0	0	1	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 3	2	0	1	0	0	0	2	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 4	0	1	0	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 5	0	2	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 6	0	1	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 7	0	1	0	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 8	8	0	0	0	0	0	4	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 9	2	0	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 10	2	0	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 11	1	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 12	2	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 13	0	2	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 14	3	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 15	5	0	1	1	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 17	1	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 18	2	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
LABORATORIOS								330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 19	1	0	0	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 20	0	2	0	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 21	1	0	0	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341
ZONA 22	2	0	1	0	0	0	0	330.77	122.76	467.17	54.56	2728	477.4	341

▪ Paredes Interiores.

La ganancia de calor por paredes internas es una transferencia de calor por conducción, para estimar este valor es necesario el coeficiente de transferencia de calor de las mismas y la diferencia de temperatura que existe entre los diferentes ambientes.

El área siguiente al área a climatizar puede estar climatizada o no, como se estima la carga en las peores condiciones se asume que no está climatizada.

$$q = A \times U \times \Delta T \quad (2.14)$$

A= Área neta del marco en contacto con el ambiente exterior.

U= Coeficiente de calor del material que está conformado el marco

ΔT = Diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el ambiente interior.

Cada uno de los factores es obtenido del ANEXO 10.

TABLA 15
CARACTERÍSTICAS PARA CÁLCULO DE DIFERENTES TIPOS DE
PAREDES INTERIORES

ZONA	PARED		ÁREA TOTAL	ÁREAS VARIAS		ÁREA NETA	FACTOR U
	Largo [ft]	Alto [ft]	[ft ²]	Ventanas [ft ²]	Puertas [ft ²]	[ft ²]	[BTU/h*ft ² *°F]
PRODUCCIÓN							
ZONA 1	114.94	22.99	2642.36	0.00	80.00	2562.36	0.110
	114.94	22.99	2642.36	32.00	152.00	2458.36	0.110
	131.36	22.99	3019.84	0.00	152.00	2867.84	0.110
	131.36	22.99	3019.84	0.00	80.00	2939.84	0.110
OFICINAS							
ZONA 2	19.21	8.37	160.89	30.00	0.00	130.89	0.081
	19.21	8.37	160.89	0.00	21.00	139.89	0.081
	14.78	8.37	123.76	20.00	0.00	103.76	0.081
	14.78	8.37	123.76	0.00	0.00	123.76	0.081
ZONA 3	23.81	8.37	199.39	12.00	0.00	187.39	0.081

	23.81	8.37	199.39	12.00	21.00	166.39	0.081
	15.27	8.37	127.88	0.00	42.00	85.88	0.081
	15.27	8.37	127.88	20.00	0.00	107.88	0.081
ZONA 4	12.32	8.37	103.13	12.00	0.00	91.13	0.081
	12.32	8.37	103.13	20.00	0.00	83.13	0.081
	9.85	8.37	82.51	0.00	0.00	82.51	0.081
	9.85	8.37	82.51	0.00	42.00	40.51	0.081
ZONA 5	14.78	8.37	123.76	20.00	0.00	103.76	0.081
	14.78	8.37	123.76	20.00	0.00	103.76	0.081
	17.57	8.37	147.14	0.00	0.00	147.14	0.081
	17.57	8.37	147.14	30.00	42.00	75.14	0.081
ZONA 6	11.17	8.37	93.51	20.00	21.00	52.51	0.081
	13.30	8.37	111.38	20.00	0.00	91.38	0.081
	13.30	8.37	111.38	0.00	0.00	111.38	0.081
ZONA 7	11.49	8.37	96.26	0.00	0.00	96.26	0.081
	11.49	8.37	96.26	0.00	0.00	96.26	0.081
	6.57	8.37	55.00	20.00	21.00	14.00	0.081
	6.57	8.37	55.00	0.00	0.00	55.00	0.081
ZONA 8	11.49	8.37	96.26	0.00	0.00	96.26	0.081
	11.49	8.37	96.26	0.00	0.00	96.26	0.081
	3.28	8.37	27.50	0.00	21.00	6.50	0.081
	3.28	8.37	27.50	0.00	0.00	27.50	0.081
ZONA 9	10.02	8.37	83.88	20.00	0.00	63.88	0.081
	14.78	8.37	123.76	20.00	0.00	103.76	0.081
	14.78	8.37	123.76	20.00	0.00	103.76	0.081
ZONA 10	14.78	8.37	123.76	0.00	0.00	123.76	0.110
	9.85	8.37	82.51	0.00	0.00	82.51	0.110
	9.85	8.37	82.51	0.00	0.00	82.51	0.110
ZONA 11	11.40	8.37	95.43	0.00	0.00	95.43	0.110
	9.85	8.37	82.51	0.00	0.00	82.51	0.110
ZONA 12	13.46	8.37	112.76	0.00	0.00	112.76	0.110
	13.46	8.37	112.76	30.00	0.00	82.76	0.110
	23.32	8.37	195.26	12.00	21.00	162.26	0.110
	23.32	8.37	195.26	0.00	0.00	195.26	0.110
ZONA 13	13.46	8.37	112.76	30.00	0.00	82.76	0.110
	13.46	8.37	112.76	12.00	21.00	79.76	0.110
	14.12	8.37	118.26	28.00	0.00	90.26	0.110
	14.12	8.37	118.26	0.00	0.00	118.26	0.110
ZONA 14	9.52	8.37	79.76	0.00	21.00	58.76	0.110
	9.52	8.37	79.76	0.00	0.00	79.76	0.110
	14.12	8.37	118.26	30.00	0.00	88.26	0.110
	14.12	8.37	118.26	0.00	0.00	118.26	0.110
ZONA 15	9.52	8.37	79.76	12.00	21.00	46.76	0.110
	9.52	8.37	79.76	0.00	0.00	79.76	0.110

	14.12	8.37	118.26	30.00	0.00	88.26	0.110
ZONA 16	13.14	7.55	99.22	30.00	0.00	69.22	0.110
	13.14	7.55	99.22	30.00	0.00	69.22	0.110
	49.26	7.55	372.09	30.00	0.00	342.09	0.110
ZONA 17	13.14	8.21	107.85	20.00	21.00	66.85	0.110
	13.14	8.21	107.85	24.00	0.00	83.85	0.110
	9.85	8.21	80.89	0.00	0.00	80.89	0.110
	9.85	8.21	80.89	0.00	0.00	80.89	0.110
ZONA 18	18.06	8.21	148.30	24.00	0.00	124.30	0.110
	18.06	8.21	148.30	0.00	0.00	148.30	0.110
	6.57	8.21	53.93	0.00	0.00	53.93	0.110
LABORATORIO S							
ZONA 19	18.06	8.21	148.30	0.00	0.00	148.30	0.110
	18.06	8.21	148.30	0.00	0.00	148.30	0.110
	16.09	8.21	132.12	0.00	0.00	132.12	0.110
ZONA 20	13.14	8.21	107.85	20.00	0.00	87.85	0.110
	13.14	8.21	107.85	20.00	0.00	87.85	0.110
	13.46	8.21	110.55	24.00	42.00	44.55	0.110
	13.46	8.21	110.55	0.00	0.00	110.55	0.110
ZONA 21	13.14	8.21	107.85	20.00	0.00	87.85	0.110
	13.14	8.21	107.85	20.00	0.00	87.85	0.110
	24.79	8.21	203.57	30.00	21.00	152.57	0.110
	24.79	8.21	203.57	0.00	0.00	203.57	0.110
ZONA 22	13.14	8.21	107.85	0.00	0.00	107.85	0.110
	13.14	8.21	107.85	20.00	0.00	87.85	0.110
	10.18	8.21	83.58	0.00	21.00	62.58	0.110
ZONA 23	10.18	8.21	83.58	0.00	0.00	83.58	0.110
	4.93	8.21	40.44	0.00	0.00	40.44	0.110
	4.93	8.21	40.44	0.00	0.00	40.44	0.110

▪ Vidrios Interiores.

Ganancia de calor por conducción del vidrio.

$$q = A \times U \times \Delta T \text{ (2.14)}$$

A= Área neta del marco en contacto con el ambiente exterior.

U= Coeficiente de calor del material que está conformado el marco

ΔT = Diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el ambiente interior.

Ganancia de calor por conducción del marco del vidrio.

$$q = A \times U \times \Delta T \text{ (2.14)}$$

A= Área neta del marco en contacto con el ambiente exterior.

U= Coeficiente de calor del material que está conformado el marco

ΔT = Diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el ambiente interior.

El coeficiente de transferencia de calor del marco de aluminio es 1.61 [$BTU/hft^2 F$]

TABLA 16
CARACTERÍSTICAS DE VIDRIO SIMPLE INTERIORES DE 6 MM DE
ESPESOR

	VIDRIO	MARCO	VIDRIO	MARCO
ZONA	ÁREA [ft²]	ÁREA [ft²]	FACTOR U	FACTOR U
	ÁREA [ft²]	ÁREA [ft²]	[BTU/h*ft²*°F]	[BTU/h*ft²*°F]
PRODUCCIÓN				
ZONA 1	32.00	2.00	1.06	1.61
OFICINAS				
ZONA 2	30.00	2.17	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
ZONA 3	12.00	1.17	1.06	1.61
	33.00	4.50	1.06	1.61
	42.00	4.33	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
ZONA 4	12.00	1.17	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	42.00	2.17	1.06	1.61
ZONA 5	20.00	1.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	72.00	4.33	1.06	1.61
ZONA 6	41.00	9.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	41.00	9.50	1.06	1.61
ZONA 9	20.00	1.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
ZONA 12	30.00	1.83	1.06	1.61
	33.00	4.50	1.06	1.61
ZONA 13	30.00	1.83	1.06	1.61
	33.00	4.50	1.06	1.61
	28.00	1.83	1.06	1.61
ZONA 14	21.00	7.00	1.06	1.61
	30.00	1.83	1.06	1.61
ZONA 15	33.00	4.50	1.06	1.61
	30.00	1.83	1.06	1.61
ZONA 16	30.00	1.83	1.06	1.61

	30.00	1.83	1.06	1.61
	30.00	1.83	1.06	1.61
ZONA 17	41.00	9.50	1.06	1.61
	24.00	4.00	1.06	1.61
ZONA 18	24.00	4.00	1.06	1.61
LABORATORIOS				
ZONA 20	20.00	1.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	66.00	3.83	1.06	1.61
ZONA 21	20.00	1.50	1.06	1.61
	20.00	1.50	1.06	1.61
	51.00	5.17	1.06	1.61
ZONA 22	20.00	1.50	1.06	1.61
	21.00	7.00	1.06	1.61
ZONA 23	151.00	14.33	0	1.61

2.2. Cálculo de las Cargas Térmicas.

Luego de haber definido los factores necesarios para el cálculo de cada una de las cargas térmicas se procede con el reemplazo de los términos en las formulas antes mencionadas por los valores encontrados mediante el uso de tablas elaboradas en Microsoft Excel.

Dentro de estas tablas se diseñaron ecuaciones con dependencias directas de los ingresos de las diferentes variables.

2.2.1. Cargas térmicas por Insolación de las Superficies de Vidrio

▪ Vidrios Exteriores

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 8 según se indicó en la sección 2.1.1 del Capítulo 2 en la fórmula 2.1 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 17

CARGAS TÉRMICAS POR VIDRIOS EXTERIORES

ZONA	Q parcial [BTU/h]		Q [BTU/h]
	VIDRIO	MARCO	
OFICINAS			
ZONA 6	1392.40	57.96	1450.36
ZONA 9	2854.42	186.76	3041.18
ZONA 10	3411.38	180.32	3591.70
ZONA 11	835.44	45.08	880.52
ZONA 15	2375.10	77.28	2452.38
ZONA 16	3325.14	180.32	3505.46
ZONA 18	1425.06	128.80	1553.86
LABORATORIOS			
ZONA 19	2035.80	82.65	2118.45
ZONA 23	3325.14	90.16	3415.30

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 15.

2.2.2. Cargas térmicas Exteriores

▪ Techos

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 9 según se indicó en la sección 2.1.2 del Capítulo 2 en la fórmula 2.3 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 18
CARGAS TÉRMICAS POR TECHOS

ZONA	CARGA TÉRMICA TOTAL [BTU/h]		
	09H00	15H00	19H00
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	96461.43	218456.77	85113.03
OFICINAS			
ZONA 2	1451.39	4717.02	2539.94
ZONA 3	1207.43	3924.13	2112.99
ZONA 4	627.14	2038.22	1097.50
ZONA 5	1327.34	4313.86	2322.85
ZONA 6	759.19	2467.37	1328.58
ZONA 7	385.94	1254.29	675.39

ZONA 8	248.10	806.33	434.18
ZONA 9	756.71	2459.30	1324.24
ZONA 10	744.30	2418.99	1302.53
ZONA 11	656.64	2134.08	1149.12
ZONA 12	593.14	1927.69	1037.99
ZONA 13	369.64	1201.32	646.86
ZONA 14	261.45	849.71	457.54
ZONA 15	261.45	849.71	457.54
ZONA 16	1257.98	4088.43	2201.46

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 16.

▪ Paredes Exteriores

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 10 según se indicó en la sección 2.1.2 del Capítulo 2 en la fórmula 2.3 se pudo encontrar los resultados de la tabla 2.18.

TABLA 19

CARGAS TÉRMICAS POR PAREDES EXTERIORES

ZONA	Q [BTU/h]		
	09H00	15H00	19H00
OFICINAS			
ZONA 6	90.56	656.57	701.85

ZONA 9	52.83	383.02	409.43
ZONA 10	92.10	667.75	713.80
ZONA 11	102.79	745.22	796.61
ZONA 15	478.07	956.15	796.79
ZONA 16	1142.99	2285.98	1904.99
ZONA 18	189.06	378.12	315.10
LABORATORIOS			
ZONA 19	586.36	1172.72	977.27
ZONA 23	2350.59	4701.18	3917.65

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 17.

2.2.3. Cargas Térmicas Interiores y debido a la instalación

▪ Personas

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 11 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.4, 2.5 y 2.6 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 20

CARGAS TÉRMICAS POR PERSONAS

ZONA	Carga Latente [BTU/h]		Carga Sensible [BTU/h]		Carga Térmica Total [BTU/h]	
	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	556000.00	417000.00	276000.00	207000.00	832000.00	624000.00
OFICINAS						
ZONA 2	4750.00	1900.00	5750.00	2300.00	10500.00	8050.00
ZONA 3	2295.00	510.00	2295.00	510.00	4590.00	2805.00
ZONA 4	760.00	190.00	920.00	230.00	1680.00	1150.00
ZONA 5	2470.00	190.00	2990.00	230.00	5460.00	3220.00
ZONA 6	1785.00	255.00	1785.00	255.00	3570.00	2040.00
ZONA 7	570.00	190.00	690.00	230.00	1260.00	920.00
ZONA 8	765.00	0.00	765.00	0.00	1530.00	765.00
ZONA 9	1140.00	380.00	1380.00	460.00	2520.00	1840.00
ZONA 10	3060.00	510.00	3060.00	510.00	6120.00	3570.00
ZONA 11	1275.00	255.00	1275.00	255.00	2550.00	1530.00
ZONA 12	3315.00	510.00	3315.00	510.00	6630.00	3825.00
ZONA 13	1330.00	190.00	1610.00	230.00	2940.00	1840.00
ZONA 14	1330.00	570.00	1610.00	690.00	2940.00	2300.00
ZONA 15	2805.00	1275.00	2805.00	1275.00	5610.00	4080.00
ZONA 16	1120.00	0.00	1680.00	0.00	2800.00	1680.00
ZONA 17	950.00	190.00	1150.00	230.00	2100.00	1380.00
ZONA 18	1520.00	380.00	1840.00	460.00	3360.00	2300.00
LABORATORIOS						

ZONA 19	2175.00	870.00	1725.00	690.00	3900.00	1560.00
ZONA 20	4785.00	2175.00	3795.00	1725.00	8580.00	3900.00
ZONA 21	3915.00	2175.00	3105.00	1725.00	7020.00	3900.00
ZONA 22	1740.00	870.00	1380.00	690.00	3120.00	1560.00
ZONA 23	560.00	0.00	840.00	0.00	1400.00	0.00

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 18.

▪ Iluminación

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 11 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.7, 2.8 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 21
CARGAS TÉRMICAS POR ILUMINACIÓN

ZONA	CARGA (qel)
	BTU/h
PRODUCCIÓN	
ZONA 1	38813.55
OFICINAS	
ZONA 2	697.50
ZONA 3	1373.19
ZONA 4	523.12
ZONA 5	784.68
ZONA 6	523.12
ZONA 7	174.37
ZONA 8	348.75
ZONA 9	523.12
ZONA 10	523.12
ZONA 11	261.56
ZONA 12	2092.49
ZONA 13	697.50
ZONA 14	348.75
ZONA 15	697.50
ZONA 16	839.17
ZONA 17	348.75
ZONA 18	348.75
LABORATORIOS	
ZONA 19	1394.99
ZONA 20	871.87
ZONA 21	1394.99
ZONA 22	348.75
ZONA 23	762.89

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 19.

▪ Equipos Vario

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 12 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.9, 2.10 y 2.11 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 22
CARGAS TÉRMICAS POR EQUIPOS VARIOS

ZONA	CARGA TÉRMICA [BTU/h]		CARGA TÉRMICA TOTAL
	SENSIBLE	LATENTE	[BTU/h]
ZONA 1	39385.5	16879.5	56265
	8354.5	3580.5	11935
LABORATORIOS			0
ZONA 19	3273.6	0	3273.6
	1432.2	2148.3	3580.5
	1145.76	1718.64	2864.4
	545.6	818.4	1364
	469.7616	201.3264	671.088
	2671.053	0	2671.053
	954.8	1432.2	2387

	1364	2046	3410
	170.5	0	170.5
ZONA 20	2182.4	0	2182.4
	163.68	245.52	409.2
	1473.12	982.08	2455.2
	736.56	0	736.56
ZONA 21	156.86	0	156.86
	184.14	46.035	230.175
	130.944	32.736	163.68
	1023	0	1023
	51.15	0	51.15
	716.1	0	716.1
	491.04	327.36	818.4
	2209.68	3314.52	5524.2
	1193.5	0	1193.5
	2318.8	0	2318.8
	596.75	0	596.75
ZONA 22	818.4	204.6	1023

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 20.

▪ Motores

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 13 según se indicó en la sección 2.1.4

del Capítulo 2 en la fórmula 2.12 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 23
CARGAS TÉRMICAS POR MOTORES

ZONA	CARGA TÉRMICA
	[BTU/h]
PRODUCCIÓN	
ZONA 1	114044.96
	79670.34
	14695.95
	6473.22
	86968.39
	58783.79
	6473.22
	7967.03
	8333.33
	39835.17

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 21.

▪ Equipos Informáticos

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 14 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.13 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 24

CARGAS TÉRMICAS POR EQUIPOS INFORMÁTICOS

ZONA	CARGA ESTIMADA [BTU/h]		
	@ 12H00	@ 14H00	@ 16H00
OFICINAS			
ZONA 2	420.112	492.1312	564.1504
ZONA 3	1267.497	1484.7822	1702.0674
ZONA 4	85.932	100.6632	115.3944
ZONA 5	537.075	629.145	721.215
ZONA 6	451.143	528.4818	605.8206
ZONA 7	85.932	100.6632	115.3944
ZONA 8	2807.112	3288.3312	3769.5504
ZONA 9	828.289	970.2814	1112.2738
ZONA 10	828.289	970.2814	1112.2738
ZONA 11	558.558	654.3108	750.0636
ZONA 12	790.097	925.5422	1060.9874
ZONA 13	537.075	629.145	721.215
ZONA 14	1021.636	1196.7736	1371.9112
ZONA 15	1522.906	1783.9756	2045.0452

ZONA 17	558.558	654.3108	750.0636
ZONA 18	790.097	925.5422	1060.9874
LABORATORIOS			
ZONA 19	231.539	271.2314	310.9238
ZONA 20	171.864	201.3264	230.7888
ZONA 21	231.539	271.2314	310.9238
ZONA 22	790.097	925.5422	1060.9874

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 22.

▪ Paredes interiores

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 10 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.14 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 25

CARGAS TÉRMICAS POR PAREDES INTERIORES

ZONA	Q		ZONA	Q
	[BTU/h]			[BTU/h]
PRODUCCIÓN			ZONA 12	851.69
ZONA 1	20207.88		ZONA 13	571.39
OFICINAS			ZONA 14	531.35
ZONA 2	565.06		ZONA 15	330.75
ZONA 3	620.92		ZONA 16	740.02
ZONA 4	337.11		ZONA 17	481.22
ZONA 5	487.38		ZONA 18	502.84
ZONA 6	289.48		LABORATORIOS	
ZONA 7	296.57		ZONA 19	829.98
ZONA 8	256.87		ZONA 20	640.42
ZONA 9	307.77		ZONA 21	1029.64
ZONA 10	444.71		ZONA 22	661.86
ZONA 11	274.03		ZONA 23	597.92

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 23.

▪ Vidrios interiores

Reemplazando los valores encontrados en las diferentes tablas del ANEXO 8 según se indicó en la sección 2.1.4 del Capítulo 2 en la fórmula 2.15 se pudo encontrar los siguientes resultados.

TABLA 26
CARGAS TÉRMICAS POR VIDRIOS INTERIORES

ZONA	Q	ZONA	Q
	[BTU/h]		[BTU/h]
PRODUCCIÓN		ZONA 14	1,638.76
ZONA 1	5,94.24	ZONA 15	1,847.44
OFICINAS		ZONA 16	2,502.12
ZONA 2	1,413.68	ZONA 17	2,175.24
ZONA 3	3,063.45	ZONA 18	765.12
ZONA 4	2,069.32	LABORATORIOS	
ZONA 5	3,132.64	ZONA 20	3,454.13
ZONA 6	3387	ZONA 21	3,069.03
ZONA 9	1,700.28	ZONA 22	1,600.06
ZONA 12	1,847.44	ZONA 23	553.84
ZONA 13	2,630.6		

La hoja de Excel donde se muestran los valores seleccionados para el cálculo y sus resultados se encuentran en ANEXO 24.

2.2.4. Cargas Térmicas Totales

Una vez calculadas las cargas térmicas de cada zona, identificando cada fuente se procede a realizar una sumatoria de cargas sensibles y cargas latentes que forman el conjunto de cargas térmicas totales.

TABLA 27

CARGAS TÉRMICAS TOTALES POR ZONAS

ZONAS	Carga Sensible [BTU/h]	Carga Latente [BTU/h]	Carga Total [BTU/h]
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	1,025,057.83	576,460.00	1,601,517.83
OFICINAS			
ZONA 2	13,635.39	4,750.00	18,385.39
ZONA 3	12,761.48	2,295.00	15,056.48
ZONA 4	5,988.44	760.00	6,748.44
ZONA 5	12,337.71	2,470.00	14,807.71
ZONA 6	11,087.37	1,785.00	12,872.37
ZONA 7	2,515.89	570.00	3,085.89
ZONA 8	5,465.28	765.00	6,230.28
ZONA 9	10,764.95	1,140.00	11,904.95

ZONA 10	11,676.55	3,060.00	14,736.55
ZONA 11	6,224.72	1,275.00	7,499.72
ZONA 12	10,959.85	3,315.00	14,274.85
ZONA 13	7,339.95	1,330.00	8,669.95
ZONA 14	6,175.34	1,330.00	7,505.34
ZONA 15	11,722.90	2,805.00	14,527.90
ZONA 16	15,641.18	1,120.00	16,761.18
ZONA 17	4,809.52	950.00	5,759.52
ZONA 18	6,314.22	1,520.00	7,834.22
LABORATORIOS			
ZONA 19	10,519.19	4,266.22	14,785.41
ZONA 20	10,101.69	5,091.90	15,193.59
ZONA 21	11,137.89	4,845.16	15,983.05
ZONA 22	5,120.81	1,791.15	6,911.96
ZONA 23	10,871.12	560.00	11,431.12

2.3. Verificación de Resultados de Cargas Térmicas por Medio de Software Elite Software – CHVAC V7.0²⁸

Para poder realizar una verificación de los resultados de los cálculos previamente descritos en el Capítulo. Elite Software dispone del programa Chvac, que permite a los usuarios ingresar todos los factores que inciden en el estudio de climatización que se describen en la sección 2.1 de este capítulo, para de esta manera entregar los resultados del estudio de cargas térmicas mediante una gráfica que muestra su variación hora a hora durante el día más

²⁸ (Elite Software, "http://www.elitesoft.com", 2013)

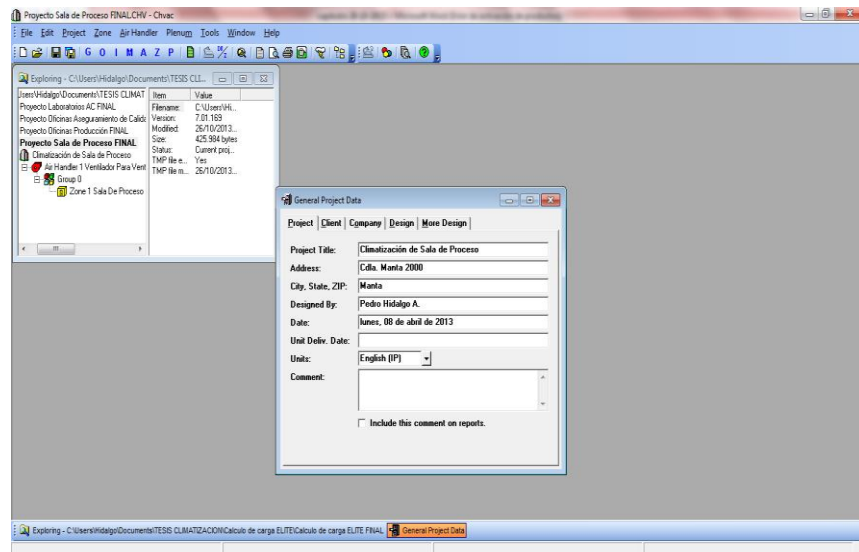
caliente de cada uno de los meses del año, esta variación es dependiente de los datos de entrada proporcionados por el usuario.

Solo puede ser entregado un estudio por cada año, además el software permite la opción de trabajar con un factor de seguridad para realizar los cálculos, propuesta en el manual como 10%, para el caso del estudio actual no se consideró factor de seguridad ya que se requiere que sea una estimación lo más cercana a la realidad posible.

El programa tiene siete ventanas que deben ser llenadas de acuerdo a los datos que el usuario desea que el mismo entregue en el reporte final.[29](#)

- Datos Generales del Proyecto: Dentro de esta ventana se ingres toda la información referente al generador del proyecto y al cliente al que se dispondrá el reporte final. Adicionalmente, se definen generalidades del proyecto que podrán ser editadas a más adelante con mayor precisión.

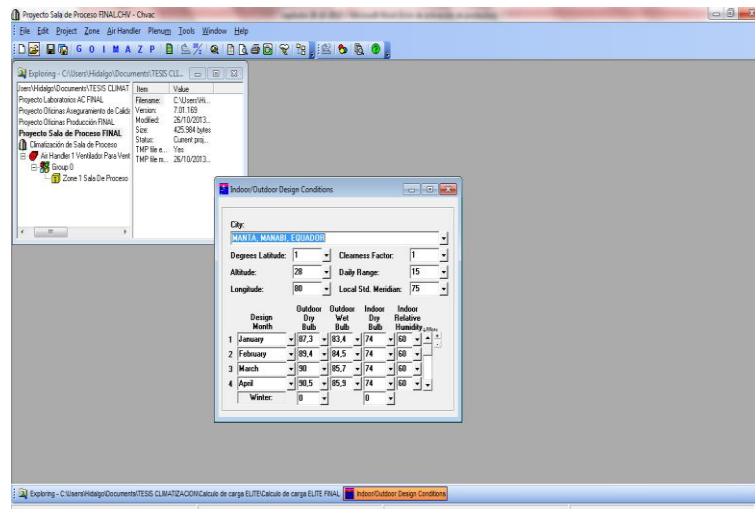
[29](#) ("CHVAC", Elite Software, 2013), Capítulo 2, Página 106



**FIGURA 2.2 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR DATOS
GENERALES DE PROYECTO – CHVAC V0.7**

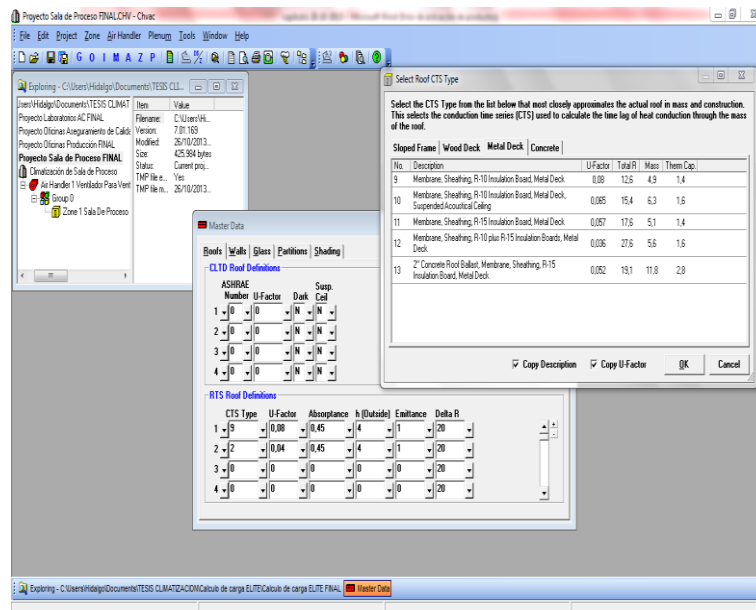
- Perfiles de operación de cargas: En esta sección se ingresan cada uno de los perfiles que definirán la frecuencia y porcentaje de carga para personas, luces y equipos. El porcentaje puede variar desde 100% hasta 0% dependiendo del caso que define el usuario.

- Condiciones de diseño internas/externas: Esta opción permite seleccionar el lugar donde se ejecutará el proyecto en estudio para entregar las temperaturas ambientes críticas de cada mes en el año e ingresar la temperatura de bulbo seco que se desea tener dentro del área a climatizar con su respectiva humedad relativa. Es necesario asegurarse en este punto que las coordenadas de longitud, altitud y latitud sean las correctas porque de esto dependerán los resultados en el reporte.



**FIGURA 2.4 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR
CONDICIONES DE DISEÑO INTERNAS/EXTERNAS – CHVAC V0.7**

- Información Maestra: El programa define como información maestra los materiales de la edificación que se estudia climatizar. En esta ventana es necesario realizar un listado de los materiales para definir los factores U y colores usados. Además, se puede definir desde este punto si se desea trabajar con el método de RTS o CLTD. Para el presente estudio se seleccionó el método RTS para verificar si existían variaciones considerables con el cálculo manual usando el método CLTD.



**FIGURA 2.5 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR
INFORMACIÓN MAESTRA – CHVAC V0.7**

- Información de Manejadora de Aire: La información que solicita esta ventana es para definir el tipo de manejadora que se usará que influirá si es que al final de la edición se desea entregar un reporte con las características del sistema de ventilación. Debido a que el estudio actual solo se enfoca, en este capítulo, en el balance térmico la información ingresada en esta ventana fue la necesaria para poder proceder con los cálculos sin que el programa detecte errores en la edición.

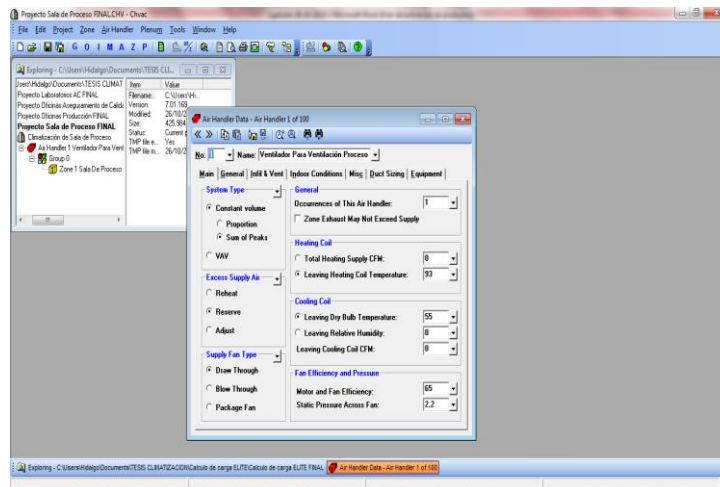


FIGURA 2.6 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR INFORMACIÓN DE MANEJADORA DE AIRE – CHVAC V0.7

- Información de Zonas: La información que se debe ingresar de cada zona debe ser explícita y precisa para el caso más extremo. La ventana solicita que se ingresen todas las características físicas de la estructura y además las cargas adicionales que deben ser estudiadas por separado por el usuario para definir una potencia final.

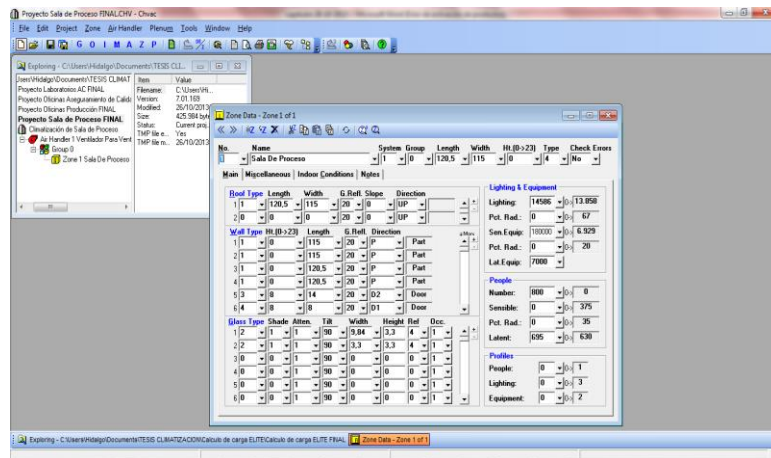


FIGURA 2.7 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR INFORMACIÓN DE ZONAS – CHVAC V0.7

- Información de Pleno: Para los casos en los que se trabaja con un sistema de distribución de aire que tiene retorno por el pleno de la edificación es necesario llenar los datos de esta ventana, caso contrario es permitido obviarlos.

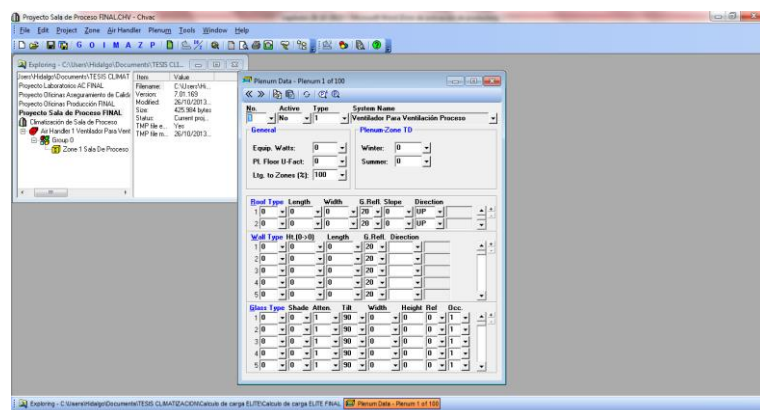


FIGURA 2.8 PANTALLA DE TRABAJO PARA EDITAR INFORMACIÓN DE PLENO – CHVAC V0.7

Luego de ingresados los datos al programa, este entrega un reporte con las gráficas para cada una de las zonas siguiendo el modelo de la figura 2.2.

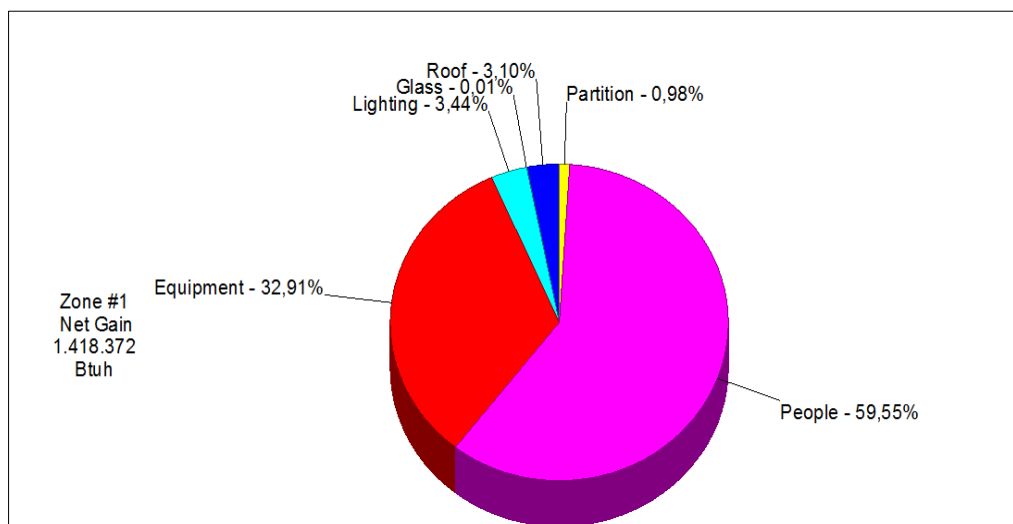
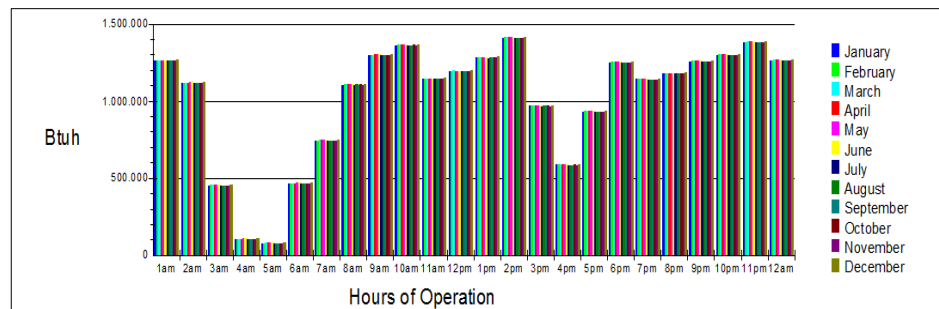


FIGURA 2.9 CARGAS TÉRMICAS “HORA A HORA” DE SALA DE PROCESO – CHAVC V7.0 / INCIDENCIA PORCENTUAL

Los resultados del Chvac para cada una de las zonas se encuentran en el ANEXO 25.

La 28 resume los valores máximos de cargas térmicas de cada zona comparándolas con las cargas calculadas en la sección 2.2 de este Capítulo, mostrando el porcentaje diferencial entre el cálculo manual y el cálculo por software.

TABLA 28
TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS PARA
ZONAS Y AMBIENTES

ZONAS	MANUAL	SOFTWARE	PORCENTAJE DIFERENCIAL
	Carga Total [BTU/h]	Carga Total [BTU/h]	
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	1,601,517.83	1,582,762.00	1%
OFICINAS			
ZONA 2	18,385.39	18,132	1%
ZONA 3	15,056.48	14,904	1%
ZONA 4	6,748.44	6,444	5%
ZONA 5	14,807.71	14,056	5%
ZONA 6	12,872.37	11,854	9%
ZONA 7	3,085.89	3,985	-23%
ZONA 8	6,230.28	6,064	3%
ZONA 9	11,904.95	11,563	3%
ZONA 10	14,736.55	14,410	2%
ZONA 11	7,499.72	8,091	-7%
ZONA 12	14,274.85	14,704	-3%
ZONA 13	8,669.95	8,421	3%
ZONA 14	7,505.34	6,977	8%
ZONA 15	14,527.90	13,229	10%

ZONA 16	16,761.18	15,238	10%
ZONA 17	5,759.52	5,649	2%
ZONA 18	7,834.22	8,357	-6%
LABORATORIOS			
ZONA 19	14,785.41	15,486	-5%
ZONA 20	15,193.59	16,056	-5%
ZONA 21	15,983.05	15,305	4%
ZONA 22	6,911.96	6,495	6%
ZONA 23	11,431.12	10,475	9%

Debido a que la diferencia porcentual esta dentro de un rango $\pm$ 10%, a excepción de la zona 7 que tiene una carga bastante pequeña, se demuestra que los calculos realizados manualmente son correctos. Por dicha razon se continuará trabajando con los mismos datos en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO PSICROMÉTRICO

Los cálculos que se han realizado en el capítulo previo permiten generar un balance térmico calorífico dentro de las diferentes áreas y además generan un valor determinado exigido como un volumen de aire para ser usado en la ventilación de las diferentes zonas.

Una vez obtenido el balance calorífico es posible, en este capítulo, abarcar el estudio y determinación de los parámetros psicrométricos que se encuentran directamente relacionados con la instalación de aire acondicionado para las diferentes zonas de interés; es por esta razón que se plantean las diferentes opciones globales de climatización de cada zona como un requerimiento para el cálculo psicrométrico. Mediante cálculos específicos se determina un método de control para las propiedades térmicas del aire húmedo dentro de las zonas que se

climatizarán para garantizar las condiciones de bienestar térmico que se consideraron en los capítulos previos.

Primeramente es necesario definir las propiedades psicométricas de cada zona, que a pesar que ya fueron nombradas en cálculos previos, no fueron definidas de manera formal en el sentido que toman al momento de realizar este tipo de cálculos; ya que, ahora el enfoque está dado hacia las propiedades del aire, mas no hacia las propiedades para balance térmico.

3.1. Propiedades y Procesos Psicométricos³⁰

Las propiedades y parámetros fundamentales del aire para el estudio psicométrico son principalmente los parámetros más conocidos y usados en el cálculo termodinámico de gases partiendo de la simplificación ideal que el aire atmosférico es una mezcla de aire seco y vapor de agua. El aire seco es una composición, considerada constante, de aproximadamente 79% de N_2 y 21% de O_2 . Al mezclar este aire seco con vapor de agua se obtiene el aire húmedo que es el considerado para los cálculos de

³⁰ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-80

instalaciones de acondicionamiento de aire. Debido a que la capacidad de disolución del vapor de agua en el aire no permite un estado de saturación se deben analizar las siguientes propiedades:

- Temperatura de bulbo seco [T]
- Temperatura de bulbo húmedo [T_h]
- Temperatura de rocío [T_r]
- Humedad Relativa [ϕ]
- Humedad Absoluta [W]
- Entalpía de Aire Húmedo [h]

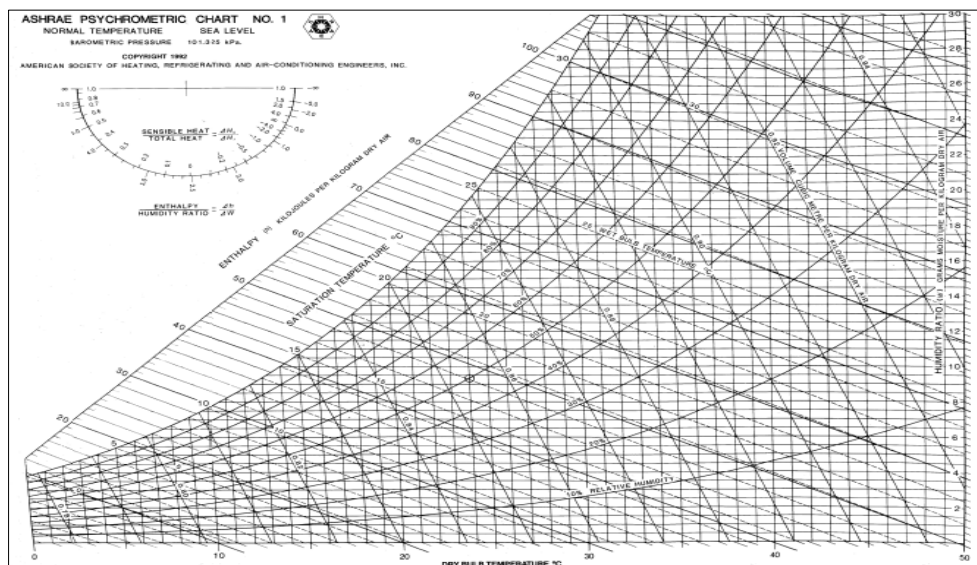
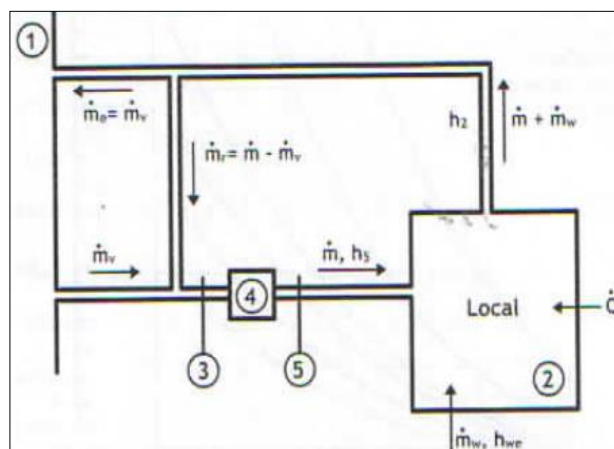


FIGURA 3.1 DIAGRAMA PSICROMÉTRICO³¹

³¹ [31](#) (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001), Capítulo 6, Página 6.11

La figura 3.1 muestra un diagrama psicrométrico que resume las diferentes propiedades del aire en diferentes condiciones. Cada una de estas propiedades varían de acuerdo a las condiciones climáticas pero para el estudio se consideran las condiciones climáticas más críticas a partir de la cuales se obtuvieron las cargas térmicas más elevadas del balance para el ambiente exterior y para cada una de las zonas las condiciones de bienestar térmicas requeridas por normativas ya enunciadas en el capítulo 1 y usadas en cálculos del capítulo 2.



**FIGURA 3.2 ESQUEMA DE UNA INSTALACIÓN DE PROCESO
TÍPICO DE ENFRIAMIENTO DE AIRE³²**

³² (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-86

La curva característica del proceso típico del aire en el sistema de enfriamiento o UTA (unidad de tratamiento de aire) se representa de manera esquemática en la figura 3.2 y como representación gráfica en la figura 3.3 de tal manera que el punto ❶ está dado para las condiciones del aire en el exterior de la zona a climatizar, el punto ❷ las condiciones del aire en el interior de la zona a climatizar, el punto ❸ las condiciones del aire a la entrada de la unidad de tratamiento del aire como resultado de la mezcla del aire del local y del aire exterior por ventilación, el punto ❹ la condición de saturación a una temperatura llamada “temperatura de rocío del enfriador” y el punto ❺ las condiciones del aire a la salida de la unidad de tratamiento del aire llamado también “aire de suministro”.

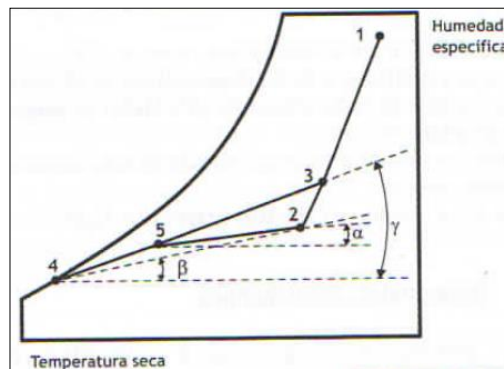


FIGURA 3.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DEL AIRE³³

³³ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-86

Cada recta de la representación gráfica tiene un significado:

- Recta 3 – 5: Recta de maniobra de la unidad de tratamiento de aire
- Recta 5 – 2: Recta de proceso térmico del local
- Recta 4 – 2: Recta de proceso térmico efectivo del local

Para los casos en que al momento de obtener la temperatura de rocío de la unidad enfriadora la recta trazada según indica el procedimiento no intersecte la curva de saturación o la intersecte en un punto que no es conveniente para el bienestar térmico y para el proceso de enfriamiento en sí, es necesario realizar un proceso psicrométrico diferente al fundamental conocido como “Proceso de acondicionamiento con recalentamiento”, donde el recalentamiento está dado por la diferencia del caudal de suministro que se obtendría con la temperatura de rocío obtenida para un proceso fundamental y el caudal de suministro obtenido por el procedimiento especial mediante la absorción de calor sensible a la salida de la unidad acondicionadora de aire.

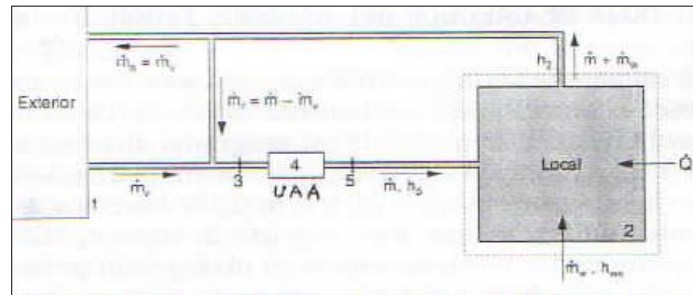


FIGURA 3.4 PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON RECALENTAMIENTO³⁴

La figura 3.4 muestra un proceso de recalentamiento que en comparación con el proceso fundamental no varía en la instalación y flujos de aire, pero la figura 3.5 si logra mostrar claramente la diferencia entre el proceso fundamental y un proceso con recalentamiento, existiendo un nuevo proceso en el aire desde el punto 5' al punto ⑤ que es desplazado debido al calentamiento sensible aumentando su temperatura pero manteniendo su humedad específica constante.

³⁴ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-89

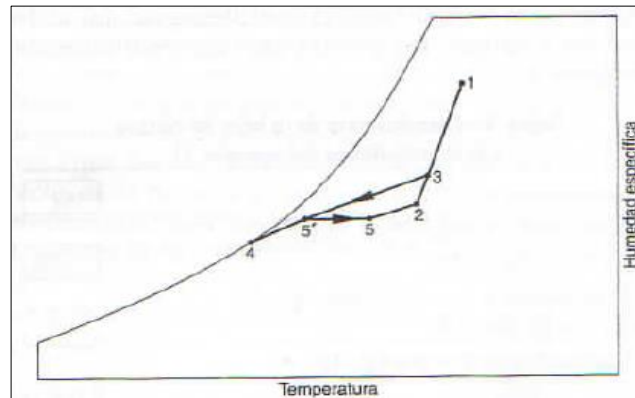


FIGURA 3.5.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON RECALENTAMIENTO^{[35](#)}

3.1.1. Temperatura de Bulbo seco y Humedad Realitva^{[36](#)}

La temperatura de bulbo seco a la que se refiere esta sección es la temperatura del ambiente en las condiciones de carga más críticas del año. Para el caso de este estudio según los datos meteorológicos y los resultados del software libre Elite Software la mayor carga se da en el mes de marzo; por lo tanto, la temperatura de bulbo seco que se considera es la máxima del mes de marzo para el ambiente, mientras que para las diferentes zonas las temperaturas de bulbo seco

^{[35](#)} (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-90

^{[36](#)} (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-87

consideradas son las enunciadas en los requerimientos del Capítulo 1 – sección 1.2 con su respectiva humedad relativa para cada uno de los casos como se muestra en la tabla a continuación:

TABLA 29
TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS PARA
ZONAS Y AMBIENTE

ZONIFICACIÓN	Temperatura de bulbo seco [°F]	Humedad Relativa [%]
AMBIENTE	89,96	94
PRODUCCIÓN		
ZONA 1	74	60
OFICINAS		
ZONA 2	72	60
ZONA 3	72	60
ZONA 4	72	60
ZONA 5	72	60
ZONA 6	72	60
ZONA 7	72	60
ZONA 8	72	60
ZONA 9	72	60
ZONA 10	72	60
ZONA 11	72	60
ZONA 12	72	60
ZONA 13	72	60
ZONA 14	72	60
ZONA 15	72	60
ZONA 16	72	60
ZONA 17	72	60
ZONA 18	72	60

LABORATORIOS		
ZONA 19	68	60
ZONA 20	68	60
ZONA 21	68	60
ZONA 22	68	60
ZONA 23	72	60

La condición de temperatura y humedad relativa ambiente de la tabla representa el punto ❶ de la figura 3.2 en el proceso de enfriamiento del aire mientras que las diferentes temperaturas de cada una de las zonas equivalen al punto ❷ para los diferentes cálculos psicométricos independientes de cada una de las zonas.

3.1.2. Temperatura de Rocío de las Unidades Enfriadoras³⁷

A pesar que la temperatura de la superficie exterior del serpentín de una unidad enfriadora de aire es variable de un punto a otro, para los cálculos se considera, idealmente, que la temperatura de la superficie a todo su largo es igual a la temperatura media de la superficie del serpentín, conocida

³⁷ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-87

comúnmente como temperatura equivalente de superficie del serpentín o como “temperatura de rocío de la unidad enfriadora”. Para el caso de este estudio la temperatura de rocío de la unidad enfriadora equivale a la temperatura en el punto ④ de la representación gráfica del proceso de enfriamiento.

Para obtener esta temperatura es necesario realizar el cálculo del factor de calor sensible efectivo FCSE:

$$FCSE = \frac{\dot{Q}_{se}}{\dot{Q}_{se} + \dot{Q}_{le}} \quad (3.1)$$

Donde $\dot{Q}_{se}$ es la carga sensible efectiva en el área y $\dot{Q}_{le}$ es la carga latente efectiva. Las cargas “sensible efectiva” y “latente efectiva” dependen de los siguientes factores:

$$\dot{Q}_{se} = \dot{Q}_s + \dot{m}_{va} c_{pm} f (T_1 - T_2) \quad (3.2)$$

$$\dot{Q}_{le} = \dot{Q}_l + \dot{m}_{va} h_{fgm} f (W_1 - W_2) \quad (3.3)$$

Donde cada término corresponde a:

$\dot{Q}_s$ la carga sensible obtenida del balance térmico de la zona

$\dot{m}_{va}$ el flujo másico del aire para ventilación

c_{pm} el calor específico del aire

f el factor de by-pass

T_1 la temperatura del ambiente

T_2 la temperatura de la zona a climatizar

h_{fgm} el calor latente medio de vaporización del agua

W_1 la humedad absoluta del ambiente

W_2 la humedad absoluta de la zona a climatizar

Se puede identificar a primera vista que el calor sensible efectivo, al igual que el calor latente efectivo, son la suma de la carga de la zona en el balance térmico con la carga del aire de la ventilación.

Mediante el FCSE también es posible calcular la pendiente de la recta térmica de la zona a climatizar permitiendo extender una línea en la curva psicométrica hasta la curva de

saturación para obtener la magnitud de la temperatura de rocío de la unidad enfriadora.

$$FCSE = \frac{1}{1 + \tan \alpha} \quad (3.4)$$

Donde $\tan \alpha$ es la pendiente de la recta efectiva del local.

La 30 muestra los valores de FCES para cada una de las zonas y su respectiva temperatura de rocío del serpentín. Los cálculos realizados en la tabla son basados en los valores obtenidos mediante los cálculos del Capítulo 2 y las temperaturas y humedades relativas medias de bienestar térmico de las zonas.

TABLA 30
TEMPERATURA DE ROCÍO DE LOS ENFRIADORES

ZONIFICACIÓN	FCSE			Temperatura Rocío Enfriador [°C]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	0,56	0,61	0,61	N/A	7,00	7,00
OFICINAS						
ZONA 2	0,59	0,65	0,65	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	0,76	0,80	0,80	11,60	12,50	12,50
ZONA 4	0,79	0,84	0,84	12,40	13,30	13,30
ZONA 5	0,71	0,76	0,76	10,20	12,00	12,00
ZONA 6	0,77	0,82	0,82	12,40	13,00	13,00
ZONA 7	0,68	0,74	0,74	9,00	11,50	11,50

ZONA 8	0,80	0,83	0,83	12,50	13,20	13,20
ZONA 9	0,82	0,86	0,86	13,00	14,00	14,00
ZONA 10	0,68	0,73	0,73	9,20	11,20	11,20
ZONA 11	0,73	0,78	0,78	11,10	12,40	12,40
ZONA 12	0,65	0,70	0,70	N/A	10,20	10,20
ZONA 13	0,73	0,78	0,78	11,00	12,50	12,50
ZONA 14	0,69	0,75	0,75	10,00	11,50	11,50
ZONA 15	0,70	0,75	0,75	10,20	11,50	11,50
ZONA 16	0,85	0,93	0,93	13,50	14,20	14,20
ZONA 17	0,71	0,77	0,77	10,20	12,40	12,40
ZONA 18	0,67	0,73	0,73	N/A	11,00	11,00
LABORATORIOS						
ZONA 19	0,64	0,69	0,66	N/A	4,00	N/A
ZONA 20	0,55	0,62	0,58	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	0,60	0,66	0,62	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	0,63	0,70	0,66	N/A	4,00	N/A
ZONA 23	0,86	0,95	0,95	14,00	14,50	14,50

El cálculo de los valores de FCSE se encuentra en el Anexo 26 para cada una de las zonas.

Es necesario realizar un proceso de acondicionamiento de aire con recalentamiento para los casos especificados en la tabla que constan como No Aplicables (N/A) debido a que la temperatura de rocío de la unidad enfriadora no es la conveniente para los procesos al momento de trazarla en el diagrama psicométrico. Para este tipo de proceso es necesario asumir una nueva temperatura del aire de caudal

de suministro a la salida de la unidad enfriadora (T_5) y obviar la temperatura obtenida mediante el procedimiento convencional. Estos casos se analizan y calculan más adelante en el sub Capítulo 3.1.5 “Temperaturas de procesos de acondicionamiento de aire con recalentamiento”.

3.1.3. Caudal de Aire de suministro³⁸

El caudal de aire de suministro es aquel que pasa a través de la unidad enfriadora siendo enfriado y deshumidificado dependiendo de la eficacia del equipo. Esta eficacia se mide mediante el Factor de By-Pass [f] que se define comúnmente como el tanto por uno del aire que pasa a través del equipo enfriador sin sufrir ningún cambio.

$$f = \frac{T_5 - T_4}{T_3 - T_4} \quad (3.5)$$

Donde cada término corresponde a:

T_5 la temperatura del aire a la salida de la unidad enfriadora

T_4 la temperatura de rocío de la unidad enfriadora

³⁸ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-88

T_3 la temperatura del aire a la entrada de la unidad enfriadora

Cada uno de estos puntos está relacionado a la referencia gráfica de la figura 3.2 del proceso de enfriamiento. Este factor dependiente de las temperaturas del proceso es usado normalmente para el diseño de equipos como 0,3.

El caudal de aire de suministro depende de este factor de By-Pass para poder aproximar un flujo de aire que permita mantener la zona a climatizar a una temperatura deseada.

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_{se}}{0.34(1-f)(T_2-T_4)} \quad (3.6)$$

Donde cada término corresponde a:

$\dot{V}$ el caudal de aire de suministro

$\dot{Q}_{se}$ el calor sensible efectivo

f el factor de by-pass

T_2 la temperatura deseada en el área que fue especificada al inicio del sub capítulo 3.1.

T_4 la temperatura de rocío de la unidad enfriadora

Todos los valores de la fórmula para el cálculo de caudal de aire de suministro ya son conocidos por lo que se muestran los resultados en la tabla 31.

TABLA 31
CAUDAL DE AIRE DE SUMINISTRO

ZONIFICACIÓN	Caudal de aire de Suministro [m ³ /h]		
	MAX	MIN	REC
ZONA 1	N/A	69283,03	69283,03
OFICINAS			
ZONA 2	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	1286,24	1396,49	1396,49
ZONA 4	649,14	709,36	709,36
ZONA 5	1107,52	1288,75	1288,75
ZONA 6	1201,85	1273,96	1273,96
ZONA 7	206,49	251,37	251,37
ZONA 8	598,07	640,79	640,79
ZONA 9	1236,91	1374,35	1374,35
ZONA 10	972,22	1137,00	1137,00
ZONA 11	601,04	674,75	674,75
ZONA 12	N/A	983,83	983,83
ZONA 13	702,81	803,21	803,21
ZONA 14	545,81	617,01	617,01
ZONA 15	1052,33	1171,29	1171,29
ZONA 16	1891,79	2042,28	2042,28
ZONA 17	431,74	521,34	521,34
ZONA 18	N/A	604,60	604,60
LABORATORIOS			
ZONA 19	N/A	755,42	N/A
ZONA 20	N/A	N/A	N/A

ZONA 21	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	N/A	367,74	N/A
ZONA 23	1387,90	1469,55	1469,55

La tabla con los cálculos se encuentra en el Anexo 27.

3.1.4. Temperaturas y Humedad Absolutas de Entrada y Salida de las Unidades Enfriadoras³⁹

El aire que ingresa a la unidad enfriadora es el resultado de la mezcla del aire que retorna de la zona que está siendo climatizada y del aire proveniente de la ventilación para la zona que en el caso del estudio es obtenido del ambiente. Debido a que esta mezcla es una mezcla adiabática se aplica la siguiente ecuación para el cálculo de dicha temperatura:

$$T_3 = \left(\frac{\dot{V}_V}{\dot{V}} \right) (T_1 - T_2) + T_2 \quad (3.7)$$

Donde cada término corresponde a:

T_3 la temperatura del aire a la entrada de la unidad enfriadora

³⁹ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-88

$\dot{V}_v$ la ventilación de la zona que se está estudiando de acuerdo a los requerimientos y cálculos realizado en el Capítulo 2

$\dot{V}$ el caudal de suministro ya calculado previamente para la zona

T_1 la temperatura del ambiente

T_2 la temperatura deseada en el área que fue especificada al inicio del Capítulo 3.

La humedad relativa del aire que ingresa a la unidad enfriadora se la obtiene situando el punto ③ con la temperatura obtenida en la recta trazada uniendo los puntos ① y ② que son conocidos inicialmente.

El aire de suministro que sale de la unidad enfriadora ya ha pasado por el proceso de transferencia de calor, transmitiendo el calor extraído de la zona climatizada hacia el fluido refrigerante y disminuyendo su temperatura para volver a la zona y realizar el mismo trabajo nuevamente. Esta temperatura es calculada dependiendo del factor de By-Pass

que haya usado para los cálculos, que comúnmente es 0,25 para los fabricantes de equipos como estándar. Por lo tanto, la fórmula usada para el cálculo de la temperatura del aire a la salida de la unidad enfriadora es obtenida despejando el término requerido de la ecuación del factor de By-Pass:

$$T_5 = (T_3 - T_4)f + T_4 \quad (3.8)$$

Donde cada subíndice de cada término indica el punto de la gráfica referencial del proceso a la que corresponde que ya han sido especificados con anterioridad y cada índice representa:

T_5 la temperatura del aire a la salida de la unidad enfriadora

T_4 la temperatura de rocío de la unidad enfriadora

T_3 la temperatura del aire a la entrada de la unidad enfriadora

f el factor de by-pass

La humedad relativa del aire en este punto se obtiene situando el punto ⑤ con la temperatura obtenida sobre la recta trazada de proceso entre los puntos ③ y ④.

Los resultados de los cálculos son mostrados en las tablas 32 y 33 para cada una de las zonas independientemente pero a partir de este punto se obtienen los resultados para ventilación máxima, mínima y recomendada. Todos los cálculos a partir de este punto se realizan en unidades de sistema internacional para poder seguir las recomendaciones del ASHRAE Fundamentals 2001, del Manual de Aire Acondicionado de Carrier y ASHRAE Cooling and Heating Calculation Manual.

Las humedades absolutas fueron obtenidas a partir del uso del diagrama psicométrico al graficar cada uno de los procesos.

TABLA 32

TEMPERATURAS Y HUMEDADES ABSOLUTAS DEL AIRE

A LA ENTRADA DE LA UNIDAD ENFRIADORA

ZONIFICACIÓN	T IN ENFRIADOR [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	N/A	24,80	24,80	N/A	0,0126	0,0126
OFICINAS						
ZONA 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	24,09	23,50	23,50	0,0123	0,0112	0,0112
ZONA 4	23,96	23,44	23,44	0,0121	0,0111	0,0111
ZONA 5	24,83	23,79	23,79	0,0138	0,0118	0,0118
ZONA 6	23,91	23,43	23,43	0,0120	0,0111	0,0111
ZONA 7	25,26	23,93	23,93	0,0146	0,0120	0,0120

ZONA 8	23,78	23,36	23,36	0,0118	0,0109	0,0109
ZONA 9	23,76	23,34	23,34	0,0117	0,0109	0,0109
ZONA 10	24,92	23,82	23,82	0,0139	0,0118	0,0118
ZONA 11	24,30	23,58	23,58	0,0127	0,0114	0,0114
ZONA 12	N/A	24,03	24,03	N/A	0,0122	0,0122
ZONA 13	24,55	23,68	23,68	0,0132	0,0116	0,0116
ZONA 14	25,00	23,88	23,88	0,0141	0,0119	0,0119
ZONA 15	24,63	23,73	23,73	0,0134	0,0116	0,0116
ZONA 16	23,66	23,00	23,00	0,0115	0,0103	0,0103
ZONA 17	24,80	23,75	23,75	0,0137	0,0117	0,0117
ZONA 18	N/A	24,03	24,03	N/A	0,0122	0,0122
LABORATORIOS						
ZONA 19	N/A	20,68	N/A	N/A	0,0096	N/A
ZONA 20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	N/A	21,12	N/A	N/A	0,0103	N/A
ZONA 23	23,67	23,00	23,00	0,0115	0,0103	0,0103

TABLA 33
TEMPERATURAS Y HUMEDADES ABSOLUTAS DEL AIRE
A LA SALIDA DE LA UNIDAD ENFRIADORA

ZONIFICACIÓN	T OUT ENFRIADOR [°C]			W (T OUT ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	N/A	11,45	11,45	N/A	0,0077	0,0077
OFICINAS						
ZONA 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	14,72	15,25	15,25	0,0093	0,0094	0,0094
ZONA 4	15,29	15,83	15,83	0,0096	0,0097	0,0097
ZONA 5	13,86	14,95	14,95	0,0091	0,0093	0,0093
ZONA 6	15,28	15,61	15,61	0,0096	0,0096	0,0096
ZONA 7	13,07	14,61	14,61	0,0088	0,0092	0,0092
ZONA 8	15,32	15,74	15,74	0,0095	0,0097	0,0097
ZONA 9	15,69	16,34	16,34	0,0097	0,0100	0,0100
ZONA 10	13,13	14,36	14,36	0,0088	0,0090	0,0090
ZONA 11	14,40	15,19	15,19	0,0092	0,0094	0,0094
ZONA 12	N/A	13,66	13,66	N/A	0,0087	0,0087
ZONA 13	14,39	15,29	15,29	0,0093	0,0095	0,0095
ZONA 14	13,75	14,60	14,60	0,0091	0,0092	0,0092
ZONA 15	13,81	14,56	14,56	0,0090	0,0091	0,0091
ZONA 16	16,04	16,40	16,40	0,0099	0,0100	0,0100
ZONA 17	13,85	15,24	15,24	0,0091	0,0095	0,0095
ZONA 18	N/A	14,26	14,26	N/A	0,0090	0,0090
LABORATORIOS						
ZONA 19	N/A	8,17	N/A	N/A	0,0061	N/A
ZONA 20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	N/A	8,28	N/A	N/A	0,0062	N/A
ZONA 23	16,42	16,63	16,63	0,0102	0,0101	0,0101

Los cálculos realizados para la obtención de las temperaturas se encuentran resumidos en un cuadro adjunto en el Anexo 28.

3.1.5. Temperaturas de Procesos de Acondicionamiento de Aire con Recalentamiento⁴⁰

El proceso de acondicionamiento de aire por recalentamiento es usado cuando las condiciones de la zona a climatizar no permiten encontrar una temperatura de rocío de la unidad enfriadora mediante un proceso común. Lo que propone este nuevo proceso es elegir arbitrariamente una nueva temperatura de rocío de la unidad, se asigna para nuestro caso como **5'** el punto a la salida de la unidad enfriadora de aire para proceder un calentamiento sensible (manteniendo la humedad absoluta constante) desde el punto **5'** hasta el punto **⑤** de tal manera que la recta que une los puntos **⑤** y **②** mantenga la inclinación adecuada según el FCSE de la zona, y es justamente de esta manera que se estima la temperatura del estado **⑤** para iniciar con el tanteo de datos

⁴⁰ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-89

hasta obtener el adecuado. Primeramente, luego de obtener la temperatura del punto ⑤, se debe obtener el caudal de suministro a partir de:

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_a c_{pm} (T_2 - T_5) \quad (3.9)$$

Donde cada término corresponde a:

$\dot{Q}_s$ la carga sensible de la zona

$\dot{m}_a$ el caudal másico de aire de suministro

c_{pm} el calor específico medio del aire húmedo = 1.026 J/(kg K)

T_2 y T_5 la temperatura correspondiente a cada uno de los puntos

Conociendo el caudal de suministro es posible determinar el estado ③ mediante la fórmula:

$$\frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} = \frac{\dot{m}_{av}}{\dot{m}_a} \quad (3.10)$$

Donde el término $\dot{m}_{av}$ corresponde al caudal de flujo másico del aire de ventilación que fue determinado en el Capítulo 2 en la sección de Ventilación. Luego, mediante el uso de la

expresión para cálculo de factor de by-pass se obtiene la temperatura en el punto **5'**:

$$f = \frac{T_{5'} - T_4}{T_3 - T_4} \quad (3.11)$$

Finalmente, para comprobar que los cálculos han sido realizados correctamente se debe verificar despejando de la fórmula mediante la cual se obtuvo el caudal de flujo másico de suministro la temperatura de la zona:

$$T_2 = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{m}_a c_{pm}} + T_5 \quad (3.12)$$

Se deben repetir los cálculos mediante tanteo hasta llegar al estado necesario para cumplir con los requerimientos del proceso para la zona. Los cálculos se encuentran adjuntos en las tablas del Anexo 29 de donde se obtuvieron los valores de las 34 y 35 que resumen las temperaturas de entrada y salida con sus respectivas humedades absolutas.

TABLA 34

TEMPERATURAS Y HUMEDADES ABSOLUTAS DEL AIRE

A LA ENTRADA DE LA UNIDAD ENFRIADORA CON

RECALENTAMIENTO

ZONA	T IN [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	25,60	-	-	0,0142	-	-
OFICINAS						
ZONA 2	24,51	24,51	24,51	0,0132	0,0132	0,0132
ZONA 12	24,56	-	-	0,0132	-	-
ZONA 18	24,65	-	-	0,0134	-	-
LABORATORIOS						
ZONA 19	20,99	-	20,79	0,0101	-	0,0098
ZONA 20	21,69	20,75	21,31	0,0112	0,0097	0,0106
ZONA 21	21,13	20,50	20,88	0,0103	0,0093	0,0099
ZONA 22	21,44	-	21,20	0,0108	-	0,0104

TABLA 35
TEMPERATURAS Y HUMEDADES ABSOLUTAS DEL
AIRE A LA SALIDA DE LA UNIDAD ENFRIADORA CON
RECALENTAMIENTO

ZONA	T OUT' [°C]			W (T OUT' ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	13,52	-	-	0,0089	-	-
OFICINAS						
ZONA 2	14,38	14,38	14,38	0,0092	0,0092	0,0092
ZONA 12	14,02	-	-	0,0091	-	-
ZONA 18	14,41	-	-	0,0093	-	-
LABORATORIOS						
ZONA 19	10,87	-	10,82	0,0072	-	0,0071
ZONA 20	11,05	11,56	11,33	0,0075	0,0075	0,0075
ZONA 21	11,66	12,25	11,97	0,0076	0,0077	0,0077
ZONA 22	11,36	-	11,30	0,0076	-	0,0075

3.1.6. Potencia de Calentadores

La tabla 36 muestra la potencia de cada una de las fuentes de calor sensible que permitirán calentar el aire hasta el punto requerido para garantizar las condiciones del aire de la zona. Para obtener la potencia del calentador es necesario usar la expresión:

$$N_C = 0.33\dot{V}(h_{5'} - h_5) \quad (3.13)$$

Donde cada término corresponde a:

N_R Potencia del Calentador

0,33 proviene de aplicar el factor $1,2 \times 1000/3600$

$\dot{V}$ al caudal de aire de suministro que pasa a través de la unidad

h_5 , la entalpía del aire al ingreso del calentador

h_5 la entalpia del aire a la salida del calentador

Los cálculos para la obtención de dicha potencia se encuentran en el Anexo 30.

TABLA 36
POTENCIA DE FUENTES DE CALOR SENSIBLE PARA
PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON
RECALENTAMIENTO

ZONA	POTENCIA CALENTADOR [KW]		
	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	122,28	-	-
ZONA 2	4,89	1,14	1,14
ZONA 12	1,52	-	-
ZONA 18	0,79	-	-

LABORATORIOS			
ZONA 19	2,17	-	1,39
ZONA 20	4,04	2,26	3,01
ZONA 21	4,44	2,34	3,23
ZONA 22	1,34	-	0,86

3.1.7. Entalpía de Aire Húmedo⁴¹

La entalpía, variable usada para determinar la energía térmica de un flujo, puede ser determinada mediante el diagrama psicométrico, pero para mayor precisión en la obtención de la magnitud de dicha variable es preferible el uso de la fórmula:

$$h = c_{pa}T + W(h_{fg0} + c_{pw}T) \quad (3.14)$$

Donde cada término corresponde a:

h la entalpía específica

c_{pa} el calor específico del aire seco

T la temperatura del fluido a tratar

W la humedad absoluta

⁴¹ (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-80

h_{fg0} el calor latente de vaporización del agua a 0°C

c_{pw} el calor específico del vapor de agua

A partir de esta fórmula, con los datos obtenidos previamente, es posible calcular la energía térmica de los puntos de interés ③ y ⑤ que es donde ocurre el proceso de enfriamiento del aire. Los valores obtenidos de los cálculos se muestran en la tabla 37 donde usaron como constantes:

$$c_{pa} = 1.004 \text{ kJ/kg K}$$

$$h_{fg0} = 2500.6 \text{ kJ/kg}_w$$

$$c_{pw} = 1.86 \text{ kJ/kg}_w \text{ K}$$

TABLA 37
ENTALPÍA DEL AIRE EN CONDICIONES DE
ENTRADA Y SALIDA DE LAS UNIDADES
ENFRIADORAS

ZONIFICACIÓN	ENTALPIA [kJ/kg _a]					
	IN			OUT		
PRODUCCIÓN	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
ZONA 1	61,95	56,90	56,90	36,13	30,83	30,83

OFICINAS						
ZONA 2	58,09	58,09	58,09	37,81	37,81	37,81
ZONA 3	55,61	52,13	52,13	38,28	39,09	39,09
ZONA 4	54,84	51,78	51,78	39,57	40,52	40,52
ZONA 5	59,99	53,84	53,84	36,86	38,58	38,58
ZONA 6	54,54	51,72	51,72	39,50	39,93	39,93
ZONA 7	62,55	54,66	54,66	35,44	37,86	37,86
ZONA 8	53,78	51,31	51,31	39,49	40,22	40,22
ZONA 9	53,66	51,19	51,19	40,41	41,75	41,75
ZONA 10	60,53	54,02	54,02	35,28	37,17	37,17
ZONA 11	56,85	52,60	52,60	37,68	39,01	39,01
ZONA 12	58,39	55,25	55,25	36,97	35,70	35,70
ZONA 13	58,33	53,19	53,19	37,87	39,35	39,35
ZONA 14	61,00	54,37	54,37	36,76	37,80	37,80
ZONA 15	58,80	53,24	53,24	36,57	37,57	37,57
ZONA 16	53,07	49,27	49,27	41,23	41,67	41,67
ZONA 17	59,82	53,60	53,60	36,82	39,26	39,26
ZONA 18	58,92	55,26	55,26	38,01	37,11	37,11
LABORATORIOS						
ZONA 19	46,66	45,10	45,65	29,10	23,47	28,85
ZONA 20	50,18	45,45	48,27	29,97	30,41	30,30
ZONA 21	47,36	44,20	46,10	30,89	31,77	31,40
ZONA 22	48,92	47,31	47,71	30,46	24,01	30,16
ZONA 23	53,14	49,25	49,25	42,24	42,27	42,27

Los resultados de los cálculos adjuntos en el Anexo 31 se encuentran tabulados en la tabla 3.9 incluyendo ya los datos procesos con recalentamiento ya que una vez obtenidas las temperaturas y humedades absolutas del aire a la entrada y salida de la manejadora es posible tratarlo como un cálculo para caso convencional.

3.1.8. Potencia Frigorífica de la unidad de tratamiento de aire⁴²

La potencia calorífica de la unidad de tratamiento de aire determina la capacidad del equipo que se debe adquirir para poder cumplir con los requerimientos planteados desde el capítulo # 1 como las condiciones de bienestar de cada zona garantizando que las cargas térmicas no permitirían que la temperatura se eleve, este valor es posible calcularlo mediante un balance térmico alrededor de la unidad de tratamiento del aire para cada zona mediante la fórmula:

$$N_R = 0.33\dot{V}(h_3 - h_5)$$

Donde cada término corresponde a:

⁴² (Carrier International Limited, "Manual de Aire Acondicionado", 2009), Capítulo 8, Página I-89

N_R Potencia frigorífica de la UTA

0,33 proviene de aplicar el factor $1,2 \times 1000/3600$

$\dot{V}$ al caudal de aire de suministro que pasa a través de la unidad enfriadora

h_3 la entalpía del aire al ingreso de la UTA

h_5 la entalpia del aire a la salida de la UTA

Los cálculos detallados se encuentran en el Anexo 32, donde se muestran los valores para los diferentes casos de carga máxima, mínima y recomendada dependiente especialmente del flujo de la ventilación de cada área y de la entalpía en cada punto de interés. La tabla 3.10 muestra las potencias frigoríficas requeridas para cada una de las zonas en las diferentes posibles condiciones de trabajo críticas transformadas a BTU por hora y toneladas de refrigeración.

TABLA 38

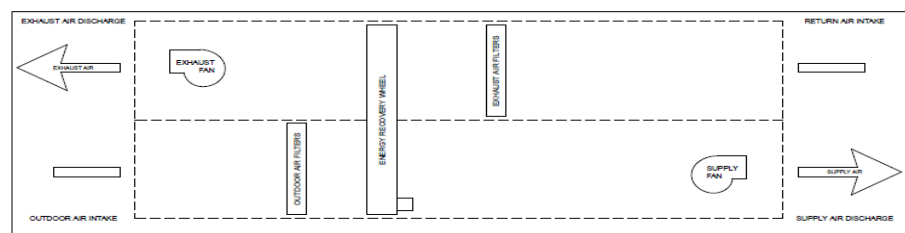
POTENCIA FRIGORÍFICA DE LAS ZONAS EN BTU/H Y

TONELADAS DE REFRIGERACIÓN

ZONIFICACIÓN	POTENCIA FRIGORIFICA [BTU/h]			POTENCIA FRIGORIFICA [TR]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	3037494,41	2034164,58	2034164,58	253,12	169,51	169,51
OFICINAS						
ZONA 2	59003,84	29501,66	29501,66	4,92	2,46	2,46
ZONA 3	25110,56	20521,33	20521,33	2,09	1,71	1,71
ZONA 4	11166,77	8992,47	8992,47	0,93	0,75	0,75
ZONA 5	28847,18	22147,59	22147,59	2,40	1,85	1,85
ZONA 6	20369,01	16908,70	16908,70	1,70	1,41	1,41
ZONA 7	6303,35	4756,18	4756,18	0,53	0,40	0,40
ZONA 8	9624,11	8008,75	8008,75	0,80	0,67	0,67
ZONA 9	18452,10	14609,22	14609,22	1,54	1,22	1,22
ZONA 10	27643,55	21581,08	21581,08	2,30	1,80	1,80
ZONA 11	12975,47	10326,68	10326,68	1,08	0,86	0,86
ZONA 12	31249,75	21665,96	21665,96	2,60	1,81	1,81
ZONA 13	16199,61	12525,01	12525,01	1,35	1,04	1,04
ZONA 14	14899,91	11520,72	11520,72	1,24	0,96	0,96
ZONA 15	26347,77	20659,63	20659,63	2,20	1,72	1,72
ZONA 16	25222,73	17490,98	17490,98	2,10	1,46	1,46
ZONA 17	11183,27	8418,56	8418,56	0,93	0,70	0,70
ZONA 18	17786,14	12355,83	12355,83	1,48	1,03	1,03
LABORATORIOS						
ZONA 19	30993,66	18406,30	24716,35	2,58	1,53	2,06
ZONA 20	45975,00	25656,48	35039,01	3,83	2,14	2,92
ZONA 21	45890,88	25971,66	35106,04	3,82	2,16	2,93
ZONA 22	17907,84	9651,51	13619,20	1,49	0,80	1,13
ZONA 23	17038,90	11544,61	11544,61	1,42	0,96	0,96

3.1.9 Potencia Frigorífica de la unidad de tratamiento de aire usando recuperador de energía

El estudio propone el uso de un recuperador de energía innovador que empezó siendo usado en calderas para transferir calor del aire de la descarga de los gases de combustión hacia el aire de suministro de la mezcla. Este tipo de procesos se ha adaptado como nueva tecnología a los procesos de acondicionamiento de aire que trabajan con ventilación ya que permite realizar transferencia de calor entre el aire de ventilación y el aire que es extraído de la zona a previamente enfriado que se enviará a la atmósfera, para lograr esto se usa un sistema como el mostrado en la figura 3.6 que usa de medio de transferencia aspas que entran en contacto con el aire que ingresa y el aire que sale de la zona.



**FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE RECUPERADOR DE ENERGÍA
GREENHECK⁴³**

⁴³ (GREENHECK, "http://www.greenheck.com")

Mediante el uso de este sistema se podrá bajar la temperatura del aire de ventilación disminuyendo la potencia frigorífica requerida para alcanzar los parámetros del aire deseados. El grupo GreenHeck dispone de un programa que permite realizar el cálculo de las temperaturas que se obtendrán cuando el recuperador de energía se encuentre trabajando solicitando las condiciones del aire iniciales.⁴⁴ La figura 3.7 muestra la pantalla principal del programa donde se ingresan los datos.

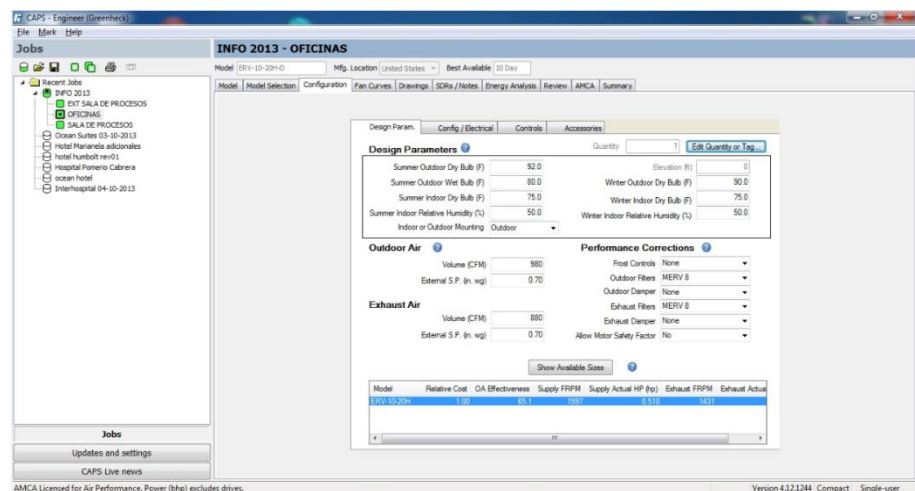


FIGURA 3.7 PANTALLA DE TRABAJO DE GREENHECK - CAPS

⁴⁴ (GREENHECK, "CAPS Program", 2012)

El Anexo 33 muestra la hoja que entrega el programa después de haber sido corrido de donde se obtienen que la temperatura del aire que ingresa a la manejadora como aire de ventilación tendrá una temperatura de bulbo seco de 80.9 °F y temperatura de bulbo húmedo de 69.5 °F con las cuales se realizaron los cálculos psicométricos nuevamente para obtener las potencias frigoríficas necesarias para mantener las temperaturas de confort planteadas inicialmente mostradas en la 39.

TABLA 39
POTENCIA FRIGORÍFICA DE LAS ZONAS EN BTU/H Y
TONELADAS DE REFRIGERACIÓN CON RECUPERADOR DE
ENERGÍA

ZONIFICACIÓN	POTENCIA FRIGORIFICA [BTU/h]			POTENCIA FRIGORIFICA [TR]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	1788242,06	1707774,03	1707774,03	149,02	142,31	142,31
OFICINAS						
ZONA 2	23572,57	21712,26	21712,26	1,96	1,81	1,81
ZONA 3	17273,69	16644,27	16644,27	1,44	1,39	1,39
ZONA 4	7585,42	7302,60	7302,60	0,63	0,61	0,61
ZONA 5	17300,34	16401,47	16401,47	1,44	1,37	1,37
ZONA 6	14460,20	13961,86	13961,86	1,21	1,16	1,16
ZONA 7	3611,26	3398,10	3398,10	0,30	0,28	0,28
ZONA 8	6907,08	6702,37	6702,37	0,58	0,56	0,56
ZONA 9	13298,15	12887,17	12887,17	1,11	1,07	1,07

ZONA 10	16622,64	15790,71	15790,71	1,39	1,32	1,32
ZONA 11	8511,04	8161,87	8161,87	0,71	0,68	0,68
ZONA 12	17634,76	16635,78	16635,78	1,47	1,39	1,39
ZONA 13	10100,99	9614,20	9614,20	0,84	0,80	0,80
ZONA 14	8809,49	8314,82	8314,82	0,73	0,69	0,69
ZONA 15	16552,93	15636,96	15636,96	1,38	1,30	1,30
ZONA 16	18476,61	17371,36	17371,36	1,54	1,45	1,45
ZONA 17	6739,84	6384,72	6384,72	0,56	0,53	0,53
ZONA 18	9205,60	8569,31	8569,31	0,77	0,71	0,71
LABORATORIOS						
ZONA 19	17847,88	16614,98	17223,37	1,49	1,38	1,44
ZONA 20	19943,46	17158,34	18571,49	1,66	1,43	1,55
ZONA 21	20518,38	18281,96	19404,60	1,71	1,52	1,62
ZONA 22	9031,37	8043,97	8534,46	0,75	0,67	0,71
ZONA 23	12328,03	11501,22	11501,22	1,03	0,96	0,96

El cálculo realizado para obtener los valores mostrados en la tabla 40 se encuentran en el Anexo 34. Mediante el uso del recuperador de energía se vuelve posible eliminar el proceso de recalentamiento en las áreas que lo requerían generando una disminución aún mayor en la potencia requerida tal como se resume en la tabla 40.

TABLA 40

**DIFERENCIA DE POTENCIAS FRIGORÍFICAS LUEGO
DEL USO DEL RECUPERADOR DE ENERGÍA EN BTU
POR HORA**

ONIFICACIÓN	DIFERENCIA EN POTENCIA FRIGORÍFICA [BTU/h]		
	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN			
ZONA 1	1249252,35	326390,55	326390,55
OFICINAS			
ZONA 2	35431,27	7789,40	7789,40
ZONA 3	7836,87	3877,06	3877,06
ZONA 4	3581,35	1689,87	1689,87
ZONA 5	11546,84	5746,12	5746,12
ZONA 6	5908,81	2946,84	2946,84
ZONA 7	2692,09	1358,07	1358,07
ZONA 8	2717,03	1306,38	1306,38
ZONA 9	5153,94	1722,06	1722,06
ZONA 10	11020,90	5790,36	5790,36
ZONA 11	4464,43	2164,82	2164,82
ZONA 12	13614,99	5030,18	5030,18
ZONA 13	6098,62	2910,81	2910,81
ZONA 14	6090,42	3205,91	3205,91
ZONA 15	9794,85	5022,67	5022,67
ZONA 16	6746,12	119,62	119,62
ZONA 17	4443,43	2033,84	2033,84
ZONA 18	8580,54	3786,52	3786,52
LABORATORIOS			
ZONA 19	13145,78	1791,32	7492,98
ZONA 20	26031,54	8498,14	16467,52
ZONA 21	25372,51	7689,70	15701,43
ZONA 22	8876,47	1607,54	5084,75
ZONA 23	4710,87	43,38	43,38

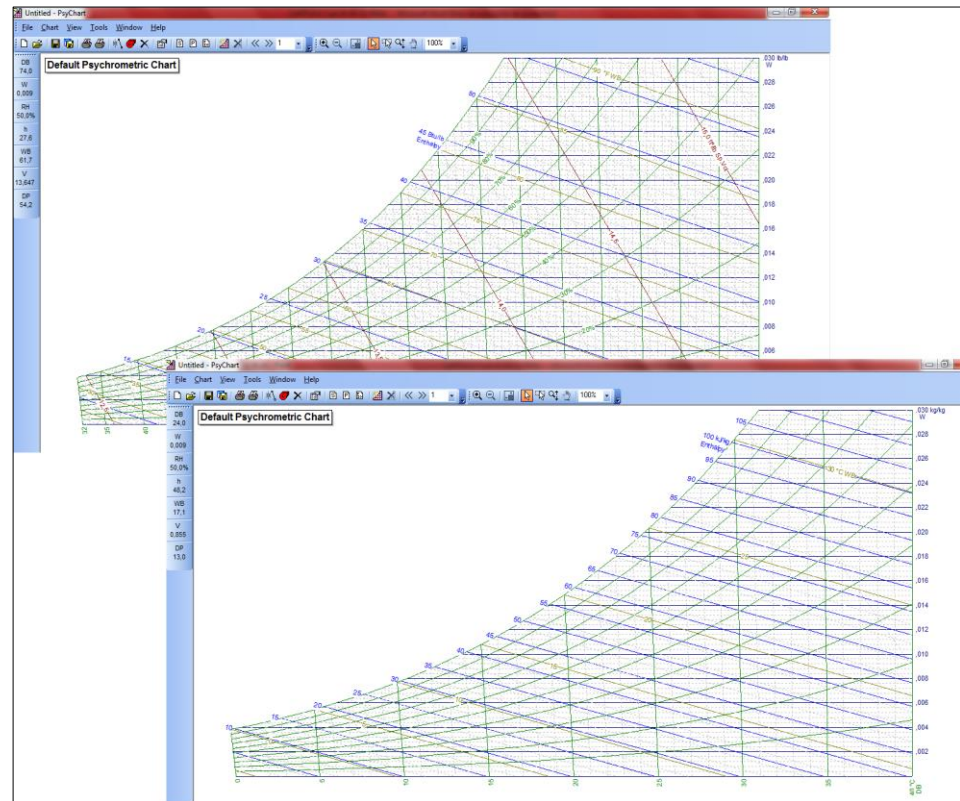
La diferencia de potencias frigoríficas se vuelve real luego de un lapso de tiempo que el sistema ya se ha encontrado trabajando hasta encontrar el equilibrio, lo que significa que es necesario trabajar con las potencias frigoríficas calculadas inicialmente para poder llegar a obtener las potencias frigoríficas propuestas.

3.2. Proceso Psicométrico del aire usando Elite Software – PsyChart V2.01⁴⁵

ELITE SOFTWARE, además de disponer de un programa para cálculo de cargas térmicas para un balance termodinámico de climatización y calefacción, dispone de PsyChart, un programa que permite realizar el estudio psicométrico graficando cada uno de los estados del aire en los diferentes puntos de interés y planteando un proceso común entre ellos para finalmente mostrar la curva del proceso de climatización del aire. PsyChart versión 2.01.60 permite realizar gráficas en unidades del sistema inglés o en unidades del sistema métrico internacional para la facilidad del usuario y en el caso de este estudio, para realizar una comparación con los

⁴⁵ (Elite Software, "<http://www.elitesoft.com>", 2013)

cálculos previos en este capítulo se usará el software en el sistema métrico internacional.



**FIGURA 3.8 PANTALLA INICIAL DE PSYCHART 2.01.60
CON SISTEMA MÉTRICO Y SISTEMA INGLES**

La figura 3.7 muestra los dos casos de pantalla inicial del software dependiendo del tipo de sistema en el que se manejarán las unidades para el cálculo. La forma de uso del software procede de tal manera que es necesario ingresar primeramente los dos puntos con las propiedades del aire conocidas:

- Temperatura Ambiente ❶
- Temperatura media de Confort en la zona a climatizar ❷

En el caso del estudio por software se familiarizan los diferentes puntos la misma nomenclatura usada para los cálculos realizados previamente en este capítulo.

Luego de graficar los dos puntos iniciales se usa la opción “Mixing” para graficar el proceso de mezclado de aire al momento de realizar la ventilación, definiendo previamente el caudal de suministro a la zona y la temperatura la que tendrá dicha mezcla, mostrada en la gráfica como el punto ❸.

Una vez obtenido el punto ❸ es necesario definir previamente la temperatura de rocío de la unidad de tratamiento de aire (Serpentín de la unidad enfriadora) y graficarlo como el punto ❹. El siguiente paso es graficar el proceso de enfriamiento del aire que ingresará a la zona, denominado en el programa como “Cooling Process” definiendo la temperatura ❺ a la que sale la mezcla de aire de la unidad de tratamiento del aire luego de estar en contacto con el serpentín a la temperatura del punto ❹. Todas las propiedades que se definen previamente deben ser calculadas mediante las fórmulas usadas en los cálculos realizados previamente en este capítulo.

Finalmente, se grafica el proceso general entre el punto ⑤ y el punto ② como referencias para cerrar el proceso.

Cuando la gráfica del proceso ya ha sido terminada es posible realizar un reporte mediante una de las opciones del software donde el mismo indica la potencia frigorífica necesaria para poder realizar el proceso graficado bajo las condiciones de los diferentes puntos. La figura 3.8 muestra un ejemplo del gráfico obtenido mediante el programa y el reporte que es emitido donde calcula la potencia frigorífica del equipo. El signo negativo de la potencia del equipo indica que la energía debe ser extraída de la zona.

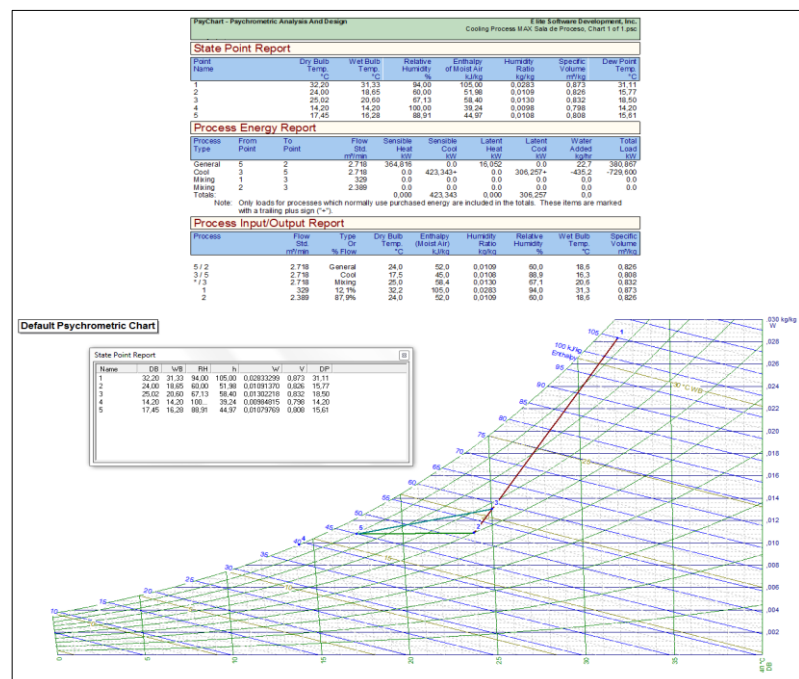


FIGURA 3.9 GRÁFICA Y REPORTE DE PSYCHART 2.01.60 PARA SALA DE PROCESO

Este tipo de análisis es necesario realizarlo en cada zona independientemente para poder realizar la comparación con los resultados de los cálculos de potencia frigorífica mediante el procedimiento indicado por el ASHRAE Fundamentals 2001 y el Manual de Aire Acondicionado de Carrier.

3.2.1. Proceso Psicométrico en Sala de Proceso.

La gráfica de cada uno de los procesos para carga térmica por ventilación máxima, mínima y recomendada para el estudio psicométrico de la sala de proceso con su respectivo reporte se encuentra en el Anexo 35. Cada reporte muestra que para el proceso de enfriamiento el signo de la carga total es negativo debido a que esa energía debe ser extraída de la zona. La tabla 41 muestra los valores obtenidos mediante el cálculo por procedimiento de manuales, los valores obtenidos mediante el software y la diferencia porcentual del valor obtenido mediante el procedimiento en comparación con el valor obtenido mediante el software.

TABLA 41

**COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIOS
PSICROMÉTRICOS PARA SALA DE PROCESO DE CÁLCULO
MANUAL Y MEDIANTE EL USO DE PSYCHART**

	CÁLCULOS			SOFTWARE					
ZONIFICACIÓN	POTENCIA FRIG. [kW]			POTENCIA FRIG. [kW]			DIF. PORCENTUAL [%]		
PRODUCCIÓN	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
ZONA 1	889,99	596,01	596,01	899,3	602,02	602,02	-1,04	-1,00	-1,00

La diferencia porcentual en los resultados obtenidos mediante cálculos manuales y cálculos realizados por el software indica que la potencia frigorífica de la unidad de tratamiento de aire obtenida mediante cálculos es 1.04% menor a la obtenida mediante el software y esta diferencia es debido a que el valor de la entalpía en los cálculos manuales se obtuvo mediante fórmula con consideraciones globales para la constante del aire mientras que el software obtiene la entalpía mediante la posición del punto en la curva psicométrica con un cálculo de mayor precisión.

Los resultados obtenidos mediante el uso del programa también muestran ser favorables.

3.2.2. Proceso Psicométrico en Oficinas

La gráfica de cada uno de los procesos para carga térmica por ventilación máxima, mínima y recomendada para el estudio psicométrico de las oficinas administrativas con su respectivo reporte se encuentra en el Anexo 35, después del estudio psicométrico de la sala de proceso. La tabla 42 muestra los valores obtenidos mediante el cálculo manual, los valores obtenidos mediante el software y la diferencia porcentual entre ambos resultados para cada una de las zonas.

TABLA 42
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIOS
PSICROMÉTRICOS PARA OFICINAS DE CÁLCULO
MANUAL Y MEDIANTE EL USO DE PSYCHART

	CÁLCULOS			SOFTWARE					
ZONIFICACIÓN	POTENCIA FRIG. [kW]			POTENCIA FRIG. [kW]			DIF. PORCENTUAL [%]		
OFICINAS									
ZONA 2	17,29	8,64	8,64	17,44	8,72	8,72	-0,87	-0,87	-0,87
ZONA 3	7,36	6,01	6,01	7,42	6,08	6,08	-0,84	-1,11	-1,11
ZONA 4	3,27	2,63	2,63	3,30	2,66	2,66	-0,85	-0,95	-0,95
ZONA 5	8,45	6,49	6,49	8,56	6,56	6,56	-1,26	-1,08	-1,08
ZONA 6	5,97	4,95	4,95	6,02	5,00	5,00	-0,86	-0,86	-0,86
ZONA 7	1,85	1,39	1,39	1,84	1,41	1,41	0,37	-1,24	-1,24
ZONA 8	2,82	2,35	2,35	2,86	2,37	2,37	-1,33	-1,16	-1,16

ZONA 9	5,41	4,28	4,28	5,46	4,32	4,32	-0,96	-0,94	-0,94
ZONA 10	8,10	6,32	6,32	8,18	6,37	6,37	-0,97	-0,70	-0,70
ZONA 11	3,80	3,03	3,03	3,83	3,05	3,05	-0,84	-0,67	-0,67
ZONA 12	9,16	6,35	6,35	9,24	6,41	6,41	-0,90	-1,01	-1,01
ZONA 13	4,75	3,67	3,67	4,79	3,71	3,71	-0,87	-1,16	-1,16
ZONA 14	4,37	3,38	3,38	4,41	3,41	3,41	-1,05	-1,13	-1,13
ZONA 15	7,72	6,05	6,05	7,78	6,21	6,21	-0,77	-2,45	-2,45
ZONA 16	7,39	5,12	5,12	7,46	5,16	5,16	-0,92	-0,72	-0,72
ZONA 17	3,28	2,47	2,47	3,31	2,50	2,50	-1,04	-1,14	-1,14
ZONA 18	5,21	3,62	3,62	5,27	3,67	3,67	-1,15	-1,22	-1,22

La diferencia entre los resultados es menor al 2.34% entre los valores obtenidos por cálculos manuales y los valores obtenidos por software. La diferencia es debido a que el cálculo de la entalpía de cada punto del proceso de enfriamiento es diferente variando el resultado final.

Los resultados obtenidos mediante el uso del programa también muestran ser favorables.

3.2.3. Proceso Psicométrico en Laboratorios.

La gráfica de cada uno de los procesos para carga térmica por ventilación máxima, mínima y recomendada para el estudio psicométrico de los laboratorios con su respectivo reporte se encuentra en el Anexo 35, en la parte final del

anexo. La tabla 43 muestra los valores obtenidos mediante el cálculo manual, los valores obtenidos mediante el software y la diferencia porcentual entre ambos resultados para cada una de las zonas.

TABLA 43
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIOS
PSICROMÉTRICOS PARA LABORATORIOS DE CÁLCULO
MANUAL Y MEDIANTE EL USO DE PSYCHART

	CÁLCULOS			SOFTWARE					
ZONIFICACIÓN	POTENCIA FRIG. [kW]			POTENCIA FRIG. [kW]			DIF. PORCENTUAL [%]		
LABORATORIOS									
ZONA 19	9,08	5,39	7,24	9,17	5,45	7,33	-0,94	-1,06	-1,16
ZONA 20	13,47	7,52	10,27	13,62	10,37	10,37	-1,11	-27,49	-0,97
ZONA 21	13,45	7,61	10,29	13,57	7,68	10,38	-0,94	-0,94	-0,91
ZONA 22	5,25	2,83	3,99	5,28	2,84	4,03	-0,64	-0,53	-0,98
ZONA 23	4,99	3,38	3,38	5,03	3,42	3,42	-0,83	-1,12	-1,12

La diferencia entre los resultados es menor al 2,31% entre los valores obtenidos por cálculos manuales y los valores obtenidos por software. La diferencia es debido a que el cálculo de la entalpía de cada punto del proceso de enfriamiento es diferente variando el resultado final.

Los resultados obtenidos mediante el uso del programa también muestran ser favorables.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Con Los diseños de los sistemas de climatización de las diferentes zonas de interés tienen que cumplir con el requisito mínimo de diseño que cumpla con la capacidad necesaria cubrir la carga térmica máxima de cada zona pero además existen algunos factores que influyen en la selección de los correctos sistemas como lo son la dificultad de instalación, estética arquitectónica, entre otros.

Para poder realizar un diseño que perdure y tenga la operación más viable posible es necesario realizar un análisis preliminar para tratar varios tipos de sistemas que pueden cumplir con los requerimientos de capacidad frigorífica, ventilación, eficiencia energética, entre otros, y comparar los diferentes sistemas desde puntos de vista comunes y de esta manera descartar aquellos que demuestren ser los más vulnerables

y seleccionar aquellos sistemas que sobresalgan debido a sus cualidades para cada caso específico.

4.1. Análisis Preliminar de Sistemas de Climatización.

Luego de obtener las características del proceso psicométrico de cada una de las zonas de interés del estudio fue posible analizar varios factores que influirán directamente en descartar varias opciones de sistemas de climatización que no permiten cumplir con el ciclo del aire analizado previamente.

Primeramente se debe definir bajo qué condiciones de carga térmica se trabajará; ya que, se han analizado los casos de ventilación máxima, mínima y recomendada. Debido a todos los factores explicados en el Capítulo 2 en Ventilación, el diseño será realizado en base a la ventilación Recomendada ya que, luego del estudio psicométrico, se identificó que la capacidad de los equipos se reduce considerablemente en relación con la capacidad para el caso de ventilación máxima y bajo dichas condiciones es posible aún garantizar que no existan concentraciones de partículas de materiales o gases dañinos suficientemente altas como para ser una amenaza para los ocupantes o el proceso que se lleve a cabo en cada zona.

Adicionalmente, ya que se pueden ver tendencias en los diferentes tipos de zonas, es necesario analizar cada uno de los conjuntos por separado de tal manera que se realizará un análisis grupal:

- Grupo 1.- Sala de Proceso (Proceso Psicométrico Básico)
- Grupo 2.- Oficinas administrativas y Pasillo y sala de espera de laboratorios (Procesos Psicométricos Básicos)
- Grupo 3.- Laboratorios y Sala de operaciones (Procesos Psicométricos con Recalentamiento)

4.1.1. Tipos de Sistemas de Climatización Aplicables

Cada uno de los grupos que se han formado previamente para el análisis tiene procesos en común que permiten unificar el sistema de climatización que se usarían en cada una de las zonas. Los sistemas que trabajan con procesos psicométricos por recalentamiento, a diferencia de los sistemas que trabajan con procesos psicométricos básicos, requieren de una fuente de calor sensible que implica que los

sistemas deben tener una característica adicional, haciendo el diseño más complejo.

- Grupo 1 (Sala de Proceso).- En este proceso se tiene la particularidad de que el área es bastante grande, haciendo la uniformidad de temperatura en toda el área uno de los retos más grandes. Es debido a este punto que se requieren poner varios equipos situados estratégicamente cumplir con las necesidades del caso. Los sistemas de climatización propuestos son:

- a) Equipos tipo Paquete con sistemas por expansión directa.
- b) Equipos Centralizados con manejadoras y sistemas por expansión directa.
- c) Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire.

- Grupo 2 (Oficinas administrativas y Pasillo y sala de espera de laboratorios).- En este proceso se encuentra la

particularidad de que existen varias zonas a climatizar y cada zona debe ser capaz de controlar su temperatura independientemente. Adicionalmente la ventilación debe ser independiente para cada una de las zonas para poder cumplir con el análisis psicométrico realizado previamente. Los sistemas de climatización propuestos son:

- a) Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter.
 - b) Equipos Centralizados con manejadoras y sistemas por expansión directa.
 - c) Equipos Split Decorativos Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV)
-
- Grupo 3 (Laboratorios y Sala de operaciones).- En el proceso de los laboratorios y la Sala de Operaciones se encuentra un punto que no se aplica en el resto de zonas, el proceso de recalentamiento, el cual puede ser

dado por una fuente de calor sensible mediante un serpentín por el cual circule un fluido a temperaturas elevadas o una resistencia dependiendo del caso. Adicionalmente, es necesario para estas zonas tener una ventilación completamente independiente y un suministro de aire filtrado para evitar que exista contaminación en el área. Los sistemas de climatización propuestos son:

- a) Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter.
- b) Equipos Split Decorativos Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV).
- c) Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad).

El recalentamiento se propone por medio de una tubería/serpentín por el cual circule vapor proveniente de las calderas usadas dentro del proceso y en equipos pequeños

por resistencias eléctricas graduables integradas en los equipos.

Conocidos los diferentes tipos de sistemas que pueden ser posibles soluciones para los diferentes grupos, se procede a realizar una pequeña introducción a los mismos para posteriormente poder ponderar bajo diferentes factores las ventajas de cada uno de los sistemas. Los mayores puntos de interés para la selección de los sistemas son:

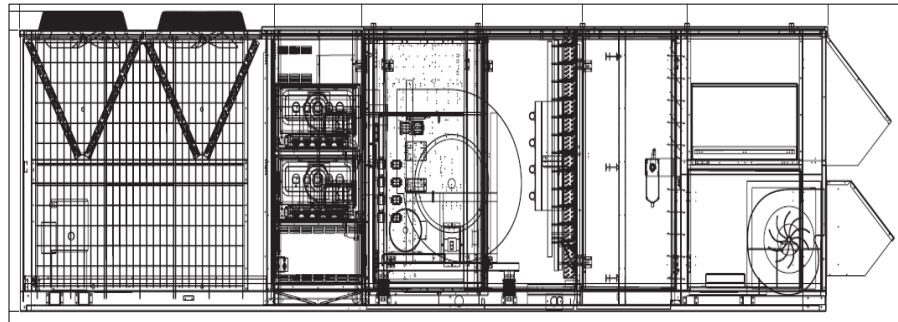
- Tamaño de equipo
- Facilidades en Instalación
- Eficiencia
- Contaminación Cruzada
- Mantenimiento
- Costos

Cada punto de interés fue seleccionado de acuerdo a la importancia técnica y económica, poniendo en primer lugar los intereses de la empresa. Para poder ponderar la importancia de cada uno de los puntos en cada sistema es necesario realizar una descripción breve adelantando como se daría la

instalación de cada sistema y más adelante, considerando bondades y desventajas individuales, es posible compararlos y seleccionar el más indicado.

4.1.1.1. Equipos tipo Paquetes con sistemas por expansión directa.

Los equipos de acondicionamiento de aire tipo Paquete tienen la particularidad que el condensador y el evaporador se encuentran uno junto al otro en una sola estructura como se muestra en la figura 4.1. Estos equipos se instalan en la parte de afuera de la zona a climatizar en posición horizontal con distribución del aire de suministro por medio de ductos de descarga y retorno y se pueden encontrar en capacidades desde 2 toneladas de refrigeración hasta 65 toneladas de refrigeración pudiendo llegar a tener dimensiones bastante grandes.



**FIGURA 4.1 EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN TIPO PAQUETE
CON SISTEMA DE EXPANSIÓN DIRECTA⁴⁶**

Este tipo de equipos tienen dos serpentines independientes, el primer serpentín trabaja con el refrigerante del sistema de refrigeración y el segundo serpentín es de uso opcional para los casos que requieren recalentamiento mientras trabaja el sistema de refrigeración mediante un flujo de vapor o para trabajar independientemente como sistema de calefacción. Además el evaporador dispone de un filtro de aire que es fabricado de acuerdo a las necesidades del usuario.

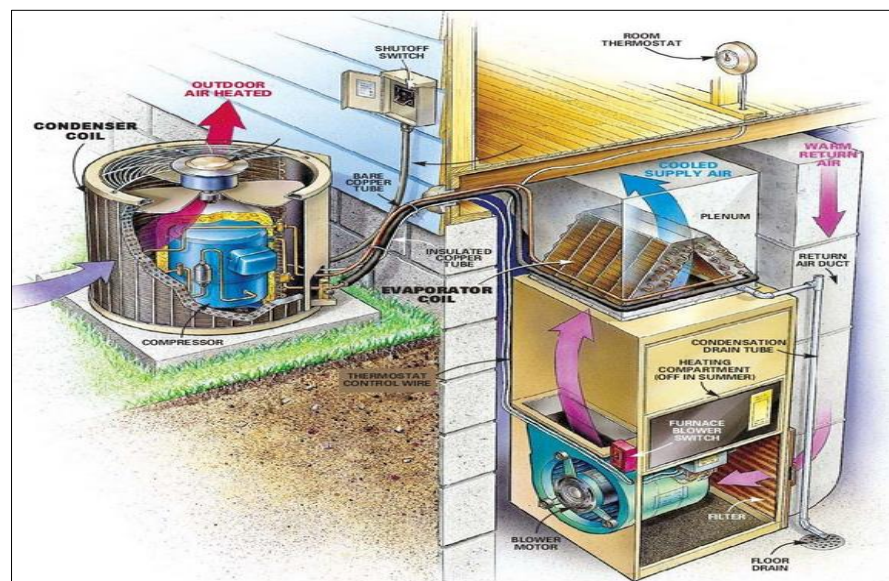
⁴⁶ YORK CHILLERS BROCHURE, 2013

Este tipo de equipos pueden trabajar con diferentes tipos de Freones y diferente número de compresores dependiendo del modelo. Para poder controlar la temperatura independientemente, en el caso que un equipo trabaje para varias zonas, es necesario el uso de Dampers o Rejillas Auto-regulables para cada zona, controlados mediante el uso de un termostato.

4.1.1.2. Equipos Centralizados con sistema por expansión directa.

Los equipos centralizados trabajan con un solo condensador y una unidad evaporadora. La unidad condensadora dispone dentro de ella el compresor y accesorios varios del sistema de refrigeración por lo que este equipo debe ser instalado en una losa a nivel elevado pero con facilidad de acceso para el mantenimiento profundo de estos equipos de mayor complejidad. La unidad evaporadora para este caso es una manejadora de aire que debe ser instalado en la parte interior o exterior de la zona a climatizar ya que estos equipos distribuyen el aire de suministro mediante ductos de descarga y retorno. Este tipo de

equipos se encuentran con la opción de varios compresores en el condensador, de tal manera que logran modular la capacidad de acuerdo a la carga térmica dentro del área mediante sensores de temperatura y presión. La manejadora tiene los mismos componentes de los evaporadores de los equipos tipo Paquete mencionados en el sub capítulo previo. La figura 4.2 muestra un esquema del sistema centralizado con unidad evaporadora.



**FIGURA 4.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADO
CON MANEJADORAS DE AIRE⁴⁷**

⁴⁷ <http://www.bocaacrepair.com/images/central-air-conditioning.jpg>

Para este tipo de sistemas, en el caso que se requiera de una manejadora para varias zonas es necesario el uso de rejillas auto-regulables controladas por termostatos para poder tener diferentes temperaturas en cada una de las zonas.

4.1.1.3. Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire

Los sistemas de producción de agua fría suministran frío para numerosas aplicaciones, tanto de aire acondicionado como de refrigeración industrial.

Independientemente de la complejidad del sistema, todos ellos están formados por unas unidades de producción de agua fría, bombas de circulación de agua, tuberías de distribución, unidades terminales y válvulas de regulación y control.

El calor extraído en las baterías de intercambio de las unidades terminales es cedido a la masa de agua circulante y eliminado por las enfriadoras de agua.

La red de tuberías de distribución de agua será a caudal constante o variable en función de las bombas asociadas y de las válvulas de regulación de caudal de las unidades terminales. La transferencia de calor que se realiza en éstos sistemas es puramente sensible, y es proporcional tanto al caudal de agua circulante como al salto térmico que se produce en el agua entre la entrada y la salida de la batería de intercambio de la unidad terminal. Está determinada por la siguiente ecuación:

$$Q = \rho \cdot C_p \cdot m \cdot \Delta T \quad (4-1)$$

La relación entre el caudal y la diferencia de temperatura expresada en ésta ecuación tiene una importancia crítica: cuanto menor sea la diferencia de temperatura mayor será la cantidad de caudal que tendrá que hacer circular por el sistema para conseguir vencer la carga térmica. Las necesidades de caudal determinarán el tamaño de los componentes de los sistemas de agua, así como los consumos energéticos de los grupos de bombeo.



FIGURA 4.3 EQUIPO ENFRIADOR DE AGUA MARCA YORK (ENFRIADO POR AIRE)⁴⁸

Las cargas térmicas a vencer por los sistemas de agua fría son casi siempre variables. Ante esas variaciones, y de acuerdo con la ecuación (4-1), el sistema deberá responder variando el caudal, variando los saltos térmicos o ambos. En función de esa variación, los sistemas se podrán clasificar en sistemas de caudal constante o sistemas de caudal variable. Centrándose en los sistemas de caudal variable y atendiendo al número de grupos de bombeo instalados, se puede subdividirlos en:

⁴⁸ http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/building_efficiency/products-and-systems/integrated_hvac_systems/Industrial___Commercial_HVAC_Equipment/chiller_systems/hvac_chillers/air_cooled_scroll/ylaa-air-cooled-scroll-chiller/jcr%3Acontent/centerpar/85020/image.img.png/1344287023906.png

- **Sistemas de Primario/Secundario (PSF):**
aquellos que disponen de bombas de caudal constante en el circuito primario y bombas de caudal variable en el secundario.
- **Sistemas de Caudal Variable en Primario (VPF):**
aquellos que únicamente poseen un circuito hidráulico común dotado de un grupo de bombeo de caudal variable.

SISTEMA DE PRIMARIO/SECUNDARIO (PSF)

Los sistemas de Primario/Secundario (PSF), se basan en la existencia de dos grupos de bombeo, uno de ellos ubicado en el circuito primario de la instalación, que trabaja a caudal constante, y con la característica de que cada enfriadora va asociada a su bomba de circulación, de forma que éstas bombas no pueden funcionar con otra enfriadora. El segundo grupo de bombeo se encarga de impulsar el agua a través de las unidades terminales, dotadas de válvulas de regulación de caudal de 2 vías, de forma que éste grupo deberá ser de caudal variable. Las

presiones estáticas disponibles de diseño de ambos grupos de bombeo, deberán permitir vencer la pérdida de carga en cada uno de los bucles del circuito de forma independiente.

Los sistemas de Primario/Secundario (PSF) se caracterizan también por poseer un by-pass entre ambos circuitos, que permite circular caudal de agua en ambos sentidos en función del caudal que está recirculándose por cada bucle del circuito en un momento dado.

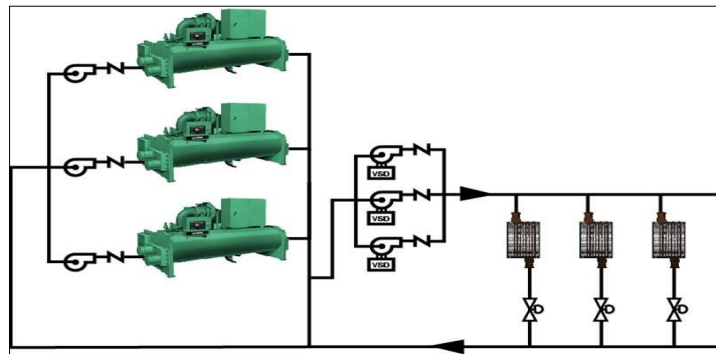


FIGURA 4.4 SISTEMA PRIMARIO/SECUNDARIO (PSF)

SISTEMA DE CAUDAL VARIABLE EN PRIMARIO (VPF)

Los sistemas de caudal de agua variable en circuito primario, se caracterizan por la existencia de un

único grupo de bombeo de caudal variable, diseñado para vencer la pérdida de carga total del circuito (primario más secundario), y que recirculará el agua necesaria en cada momento para el funcionamiento del conjunto de la instalación a través de toda ella, incluso de las unidades enfriadoras. Estas bombas se instalan agrupadas, de forma que cualquiera de ellas puede trabajar sobre cualquiera de las enfriadoras del sistema. Cada unidad enfriadora estará dotada de una válvula de aislamiento automática, que cerrará en caso de que su enfriadora asociada esté parada.

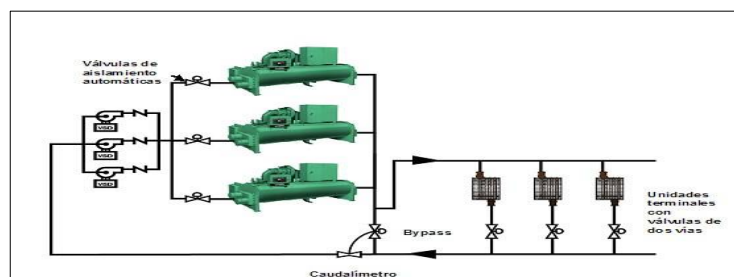


FIGURA 4.5 SISTEMA DE CAUDAL VARIABLE EN PRIMARIO (VPF)

La demanda de caudal en el sistema, vendrá dada por la apertura o cierre de las válvulas de 2 vías de

las unidades terminales, siendo éstas las que determinarán la cantidad de agua que circulará a través de las unidades enfriadoras. En la unidad terminal hidráulicamente más alejada de todo el circuito, se instalará un sensor de presión diferencial, que será el encargado de indicar en todo momento las variaciones de presión que van sucediendo en el circuito debido a la apertura y cierre de las válvulas reguladoras de caudal. Las bombas de circulación, dotadas de variador de frecuencia en el motor, responderán a esas variaciones de presión aumentando o disminuyendo el caudal que impulsan a la instalación.

En el sistema VPF también se encontrará un by-pass con una válvula de regulación de caudal y un caudalímetro: su misión es garantizar en todo momento que por el evaporador de las enfriadoras está circulando el mínimo caudal exigible por el fabricante para evitar problemas de hielo en el mismo.

4.1.1.4. Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter

Los equipos acondicionadores de aire tipo Split de pared decorativo son usados normalmente para aplicaciones domésticas y de oficina, la tecnología “Inverter” es transformar y filtrar la corriente alterna que proporciona la empresa eléctrica en corriente directa por medio de una tarjeta electrónica, de ahí por medio de un inversor de potencia envía señales con un periodo muy corto de tiempo, logrando una variación en el caudal del refrigerante en el compresor.

Los puntos de operación de estos equipos es del 30% al 100% lo cual existe un ahorro energético ya que las necesidades del confort varían a lo largo del día tal como lo muestra la figura 4.4 con una gráfica representativa.

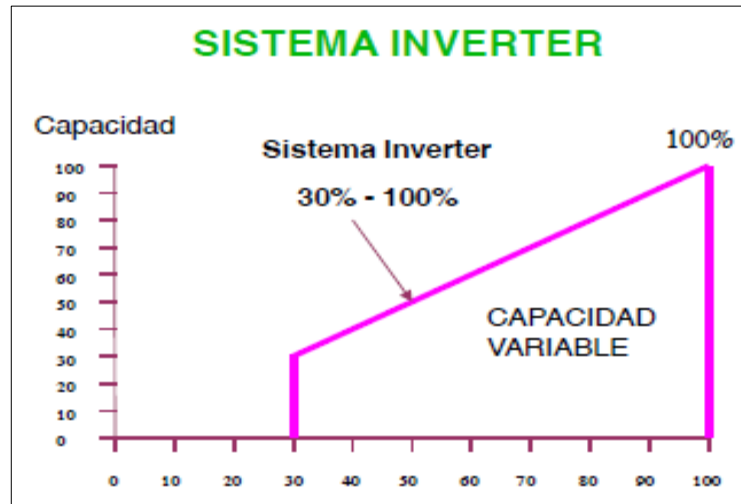
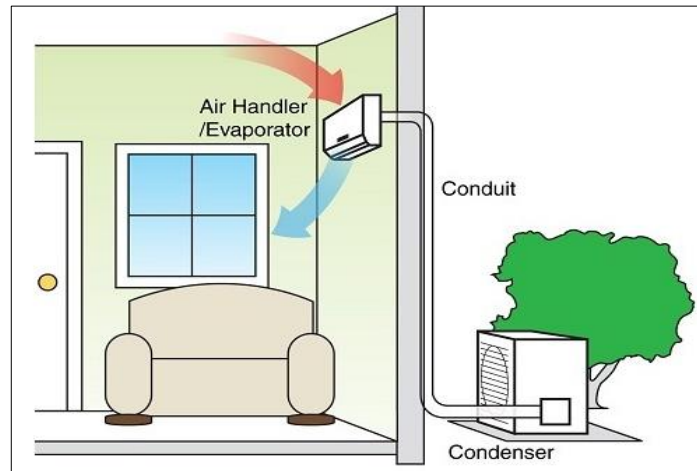


FIGURA 4.6 CONSUMO VS. CAPACIDAD EN EQUIPOS DE TECNOLOGÍA “INVERTER”

Esta mejora permite que el equipo pueda modular la capacidad de trabajo disminuyendo el consumo energético y aumentando su eficiencia. Este tipo de sistemas se encuentran aún en desarrollo y solo se encuentran en capacidades de hasta 28.000 BTU por hora. La figura 4.5 ilustra como es el funcionamiento de equipo acondicionador de aire tipo Split a nivel doméstico.



**FIGURA 4.7 EQUIPO ACONDICIONADOR DE AIRE
TIPO SPLIT**

Este tipo de equipos no disponen de un sistema de ventilación incluido lo que obliga al diseñador de sistemas de climatización a usar una unidad paquete con el 100% de aire fresco para distribuir la ventilación necesaria a cada una de las áreas controlando la ventilación mediante rejillas autoajustables. Este tipo de equipos se encuentran normalmente en el mercado con uso de refrigerante Freón 410a que ayuda a aumentar la eficiencia de trabajo de los mismos. Además este tipo de equipos trabajan con sensores de presión y temperatura que, mediante el módulo de control, ayudan a modular la

capacidad del equipo y trabajan como seguridad del sistema ya que si algún valor se encuentra fuera de rango el equipo se bloquea para evitar averías mayores permitiendo al mecánico especializado diagnosticarlo de manera sencilla. Este tipo de equipos requieren de un conjunto para cada zona; es decir, una unidad condensadora y una unidad evaporadora por cada zona que se desea climatizar y no disponen de la opción de recalentamiento sensible.

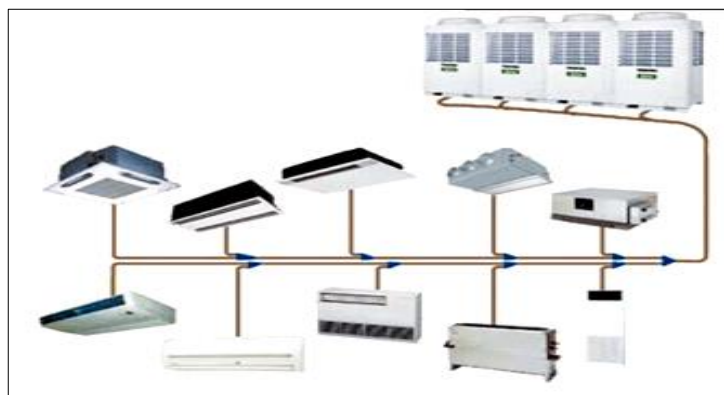
4.1.1.5. Equipos Roof Fan Coils Decorativos Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (V.R.V.)

Este tipo de sistema utiliza la tecnología “Inverter”, la combinación de varios equipos interiores de diferente tipo con un solo condensador hace que este tipo de sistema sea eficiente energéticamente.

La variedad de equipos interiores pueden ser: Split decorativo de pared, Roof fan coil, Split cassettes, Split consola piso techo. Cada equipo tiene su propio

control de temperatura independiente lo cual regula el flujo de refrigerante en cada uno de los equipos interiores por medio de la válvula de expansión. La figura 4.6 ilustra diferentes tipos de equipos comunes en sistemas de volumen de refrigerante variable.

Las necesidades de enfriamiento de cada uno de los equipos en las diferentes zonas varia con respecto al día ya que la incidencia del sol cambia, la cantidad de personas cambia, etc.



**FIGURA 4.8 EQUIPO CON SISTEMA VRV Y SU
VARIEDAD DE TIPO DE EVAPORADORES⁴⁹**

⁴⁹ http://www.ahi-toshiba.com/upload/iblock/019/main_37.gif

Estos equipos tienen la facilidad de instalación ya que las unidades interiores se colocan como un sistema convencional, las unidades exteriores son lo más compactas posibles con la finalidad de ahorro de espacio.

4.1.1.6. Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad)

Este tipo de equipos es una combinación entre el sistema enfriador de agua y evaporadores tipo Roof Fan Coils (serpientes ventilados de techo) de tal manera que a través de los serpentines circula el agua que ha sido enfriada mediante el sistema de refrigeración del enfriador de agua haciendo posible un mejor control de temperatura ya que la mezcla de agua y glicol tiene una temperatura controlada por el Enfriador de Agua y se añade la posibilidad de tener un serpentín dentro de los evaporadores por el cual circule vapor o agua caliente para los casos que requieren recalentamiento. Además este tipo de equipos permiten una ventilación independiente

evitando que exista contaminación de una zona climatizada a la otra.

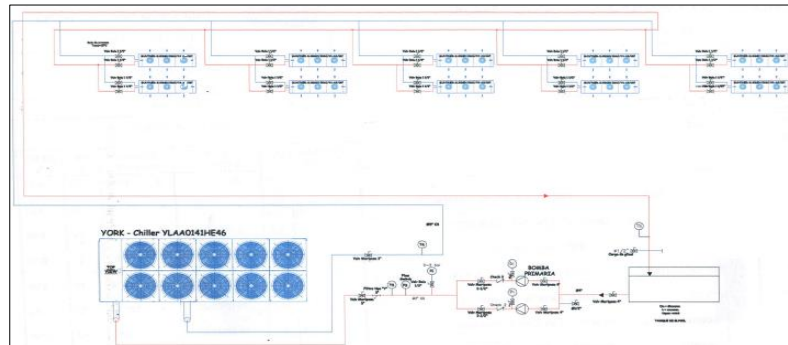


FIGURA 4.9 ILUSTRACIÓN DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON ENFRIADOR DE AGUA Y FAN COILS

La figura 4.7 ilustra un sistema de climatización que trabaja con un enfriador de agua y bombas para hacer circular el agua a través del sistema con manejadoras sin ductos. Para el caso de recalentamiento se añade un sistema independiente para circular el fluido a temperaturas elevadas por el serpentín de recalentamiento de las manejadoras.

4.1.2. Selección de sistemas de climatización más eficientes mediante criterios en base a características de los sistemas.

Ya definidos los diferentes tipos de sistemas de climatización que pueden ser opciones válidas para cada uno de los grupos de zonas se debe realizar, mediante los criterios de selección nombrados previamente, una comparación valorando cada factor del 1 al 10, siendo 1 “terrible” y 10 “excelente”, para cada uno de los sistemas.

Criterios de Selección:

- a) Tamaño de equipo
- b) Facilidades en Instalación
- c) Eficiencia
- d) Contaminación Cruzada
- e) Mantenimiento
- f) Costos

Sistemas de climatización

- l) Equipos tipo Paquete con sistemas por expansión directa.

- II) Equipos Centralizados con manejadoras y sistemas por expansión directa.
- III) Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire.
- IV) Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter.
- V) Equipos Roof Fan Coils Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV).
- VI) Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad).

Calificación de Sistemas para cada Criterio

TABLA 44

CALIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DE ACUERDO A SUS PROPIEDADES PARA CADA CRITERIO

		Sistema					
		I	II	III	IV	V	VI
Criterio	a	7	8	8	7	8	8
	b	7	7	8	6	8	8

	c	7	7	9	8	8	9
	d	5	7	8	7	8	8
	e	8	7	8	6	8	8
	f	8	7	7	6	7	7

▪ Grupo 1

Sistemas de climatización posibles:

- I) Equipos tipo Paquete con sistemas por expansión directa.
- II) Equipos Centralizados con manejadoras y sistemas por expansión directa.
- III) Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire.

Porcentaje de Importancia:

TABLA 45
IMPORTANCIA DE CRITERIOS (PORCENTUAL)
PARA GRUPO 1

Criterio	Porcentaje
a	10,00%

b	20,00%
c	25,00%
d	15,00%
e	15,00%
f	15,00%
Total	100,00%

Selección de equipos/sistema

TABLA 46
SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN
PARA GRUPO 1

		Sistema			TOTAL	Porcentaje
		I	II	III		
Criterio	a	7	8	8	23	10,00%
	b	7	7	8	22	20,00%
	c	7	7	9	23	25,00%
	d	5	7	8	20	15,00%
	e	8	7	8	23	15,00%
	f	8	7	7	22	15,00%

TABLA 47

**SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE
CLIMATIZACIÓN PARA GRUPO 1 NORMALIZADA**

		Sistema		
		I	II	III
Criterio	a	0,30	0,35	0,35
	b	0,32	0,32	0,36
	c	0,30	0,30	0,39
	d	0,25	0,35	0,40
	e	0,35	0,30	0,35
	f	0,36	0,32	0,32
	TOTAL	0,31	0,32	0,37

La tabla 4.4 muestra la comparación entre los tres posibles sistemas que pueden cumplir con los requerimientos con valores normalizados en base al porcentaje de interés para la sala de proceso, mostrando que el sistema más apto para este tipo de casos es el sistema (III) Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire.

▪ Grupo 2

Sistemas de climatización posibles:

- IV) Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter.
- II) Equipos Centralizados con manejadoras y sistemas por expansión directa.
- V) Equipos Roof Fan Coils Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV).

Porcentaje de Importancia:

TABLA 48
IMPORTANCIA DE CRITERIOS (PORCENTUAL)
PARA GRUPO 2

Criterio	Porcentaje
a	15,00%
b	20,00%
c	25,00%
d	10,00%
e	15,00%
f	15,00%
Total	100,00%

Selección de equipos/sistema

TABLA 49
SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE
CLIMATIZACIÓN PARA GRUPO 2

		Sistema			TOTAL	Porcentaje
		IV	II	V		
Criterio	a	7	8	8	23	15,00%
	b	6	7	8	21	20,00%
	c	8	7	8	23	25,00%
	d	7	7	8	22	10,00%
	e	6	7	8	21	15,00%
	f	6	7	7	20	15,00%

TABLA 50
SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE
CLIMATIZACIÓN PARA GRUPO 2 NORMALIZADA

		Sistema		
		IV	II	V
Criterio	a	0,30	0,35	0,35
	b	0,29	0,33	0,38
	c	0,35	0,30	0,35
	d	0,32	0,32	0,36
	e	0,29	0,33	0,38
	f	0,30	0,35	0,35
TOTAL		0,31	0,33	0,36

La tabla 51 muestra la comparación entre los tres posibles sistemas que pueden cumplir con los requerimientos con valores normalizados en base al porcentaje de interés para las oficinas, mostrando que el sistema más apto para este tipo de casos es el sistema (V) Equipos Roof Fan Coils Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV).

- Grupo 3

Sistemas de climatización posibles:

IV) Equipos Splits de Pared Decorativos con sistemas por expansión directa y tecnología Inverter.

V) Equipos Split Decorativos Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV).

VI) Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad).

Porcentaje de Importancia:

TABLA 51
IMPORTANCIA DE CRITERIOS (PORCENTUAL)
PARA GRUPO 3

Criterio	Porcentaje
a	15,00%
b	20,00%
c	25,00%
d	20,00%
e	10,00%
f	10,00%
Total	100,00%

Selección de equipos/sistema

TABLA 52
SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN
PARA GRUPO 3

		Sistema			TOTAL	Porcentaje
		IV	V	VI		
Criterio	a	7	8	8	23	15,00%
	b	6	8	8	22	20,00%
	c	8	8	9	25	25,00%
	d	7	8	8	23	20,00%
	e	6	8	8	22	10,00%
	f	6	7	7	20	10,00%

TABLA 53
SELECCIÓN DE EQUIPOS/SISTEMAS DE
CLIMATIZACIÓN PARA GRUPO 3 NORMALIZADA

		Sistema		
		IV	V	VI
Criterio	a	0,30	0,35	0,35
	b	0,27	0,36	0,36
	c	0,32	0,32	0,36
	d	0,30	0,35	0,35
	e	0,27	0,36	0,36
	f	0,30	0,35	0,35
	TOTAL	0,30	0,35	0,36

La tabla 4.10 muestra la comparación entre los tres posibles sistemas que pueden cumplir con los requerimientos con valores normalizados en base al porcentaje de interés para las laboratorios y sala de operaciones, mostrando que el sistema más apto para este tipo de casos es el sistema (VI) Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad).

4.2. Diseño de Sistemas de Climatización.

Mediante los diferentes criterios de selección se logró definir los sistemas de climatización más aptos para cada grupo, de tal manera que la tabla 4.11 resume cada uno de los sistemas de acuerdo a su aplicación.

TABLA 54
SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN MÁS CONVENIENTES PARA
CADA APLICACIÓN EN PARTICULAR

Aplicación	Sistema de Climatización
Salas de proceso	Equipo Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad) con manejadoras de aire
Oficinas Administrativas	Equipos Split Decorativos Centralizados con sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV)
Laboratorios (procesos con recalentamiento)	Equipos Roof Fan Coils con Enfriador de Agua (Chiller con modulación de capacidad)

Para el caso del estudio actual, donde se dispone de una sala de proceso y un área de laboratorios con proceso de recalentamiento que trabajan durante el mismo horario, el sistema de Enfriadores de Agua puede unificarse para disminuir el espacio de los equipos, trabajando con un solo Enfriador de agua común y dos sistemas de bombeo. Al realizar esta simplificación es posible abaratar costos de equipos, instalación y mantenimiento, adicionalmente, considerando

que el recuperador de energía disminuirá la potencia frigorífica requerida y eliminará el recalentamiento, podrá existir la posibilidad de que el sistema trabaje con un solo enfriador de agua durante horas de baja carga general. En base a este análisis se procede a realizar el diseño detallado de cada uno de los sistemas de tal manera que se simplifica el estudio en dos diseños.

4.2.1. Diseño de Sistema de Climatización por Enfriador de Agua con modulación de capacidad para sala de proceso y Laboratorios⁵⁰

Para el diseño de las instalaciones, primero se va a establecer los equipos y accesorios necesarios para el acondicionamiento del aire. Se determinó que para el área de sala de proceso, laboratorios y oficinas en planta baja serán equipos de agua helada, sin embargo el sistema completo (chiller, bombas, válvulas, etc.) no se ha señalado aún.

Se utilizará el sistema caudal variable en primario (VPF), se escoge este sistema sobre el sistema primario/secundario (PSF) por las siguientes razones:

⁵⁰ (Elite Software, "<http://www.elitesoft.com>", 2013) – CHVAC Solution PRO

- El Sistema de Caudal Variable en el Primario (VPF) elimina un grupo de bombeo de la instalación, y todos los elementos accesorios que éste lleva consigo, reduciendo así el costo de inversión inicial y las pérdidas de carga en el conjunto del circuito hidráulico (esto se traduce además en un ahorro energético).
- El Sistema de Caudal Variable en el Primario (VPF) es factible siempre que se dote a la instalación de un robusto sistema de control centralizado de todos los elementos, de manera que se conjuguen las necesidades mínimas de los equipos (tanto de enfriadoras como de unidades terminales) y se optimicen los rendimientos energéticos de todos los elementos de la instalación.

Para este efecto se apoyará en un programa de selección de equipos, el cual ayudará a conocer las capacidades de los chiller de agua helada, las bombas, separador de aire, y diámetros de tuberías de conexión, para luego entrar al diseño de ductos de suministro y retorno, la selección de difusores y por último los planos.

El programa usado es Elite Software – CHVAC Solution PRO, el cual trabaja de tal manera que solicita inicialmente el ingreso de los equipos que fueron seleccionados previamente y las capacidades calculadas en BTU/h para los evaporadores de acuerdo a las cargas térmicas de cada zona, luego se colocan los diferentes equipos del sistema de bombeo tales como separador de aire, tanque de expansión, bombas, configuración de bombas, tipos válvulas, etc., para proceder a ingresar las distancias reales de cada una de las tuberías, las cuales se obtienen de los planos donde se plantea la ubicación de los equipos. Una vez ingresados todos los factores previos se procede a correr el programa en modo de cálculo para obtener los siguientes resultados:

- Capacidad de los enfriadores de agua (chillers).
- Caudal y caída de presión total de las bombas.
- Capacidad de tanque de expansión y separador de aire.
- Diámetros de tuberías.

El proceso de ingreso de datos paso a paso se muestra a continuación:

- Ingreso de datos de manejadoras: Inicialmente se ingresan los equipos que se usarán para la configuración seleccionada: la manejadora para enfriamiento con diferencial de temperatura de 10 °F y válvulas de dos vías que corresponden al sistema primario variable.

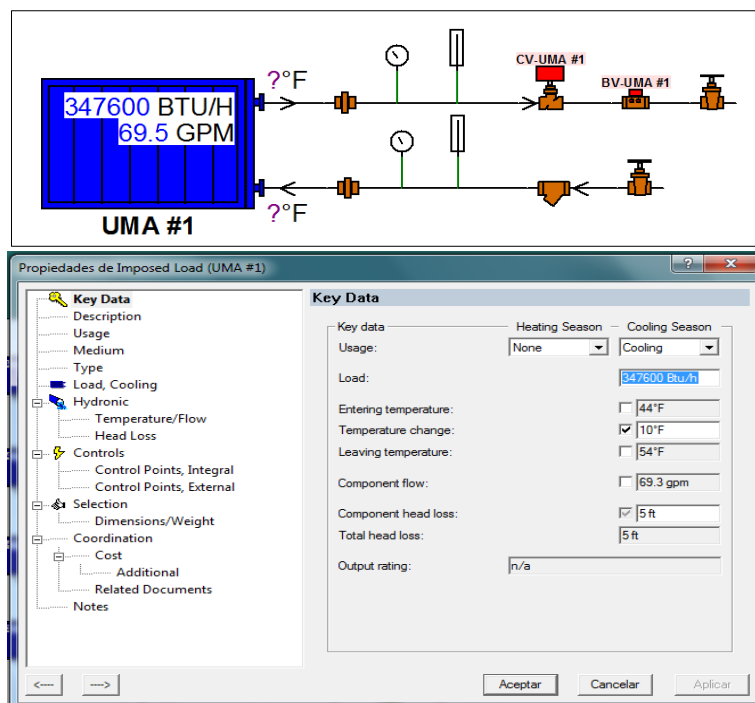
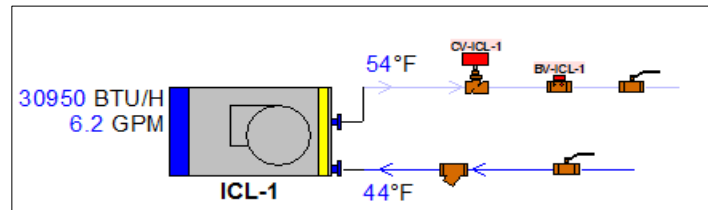


FIGURA 4.10 DIAGRAMA DE MANEJADORA Y VENTANA DE INGRESO DE DATOS ELITE SOFTWARE – CHVAC SOLUTION PRO

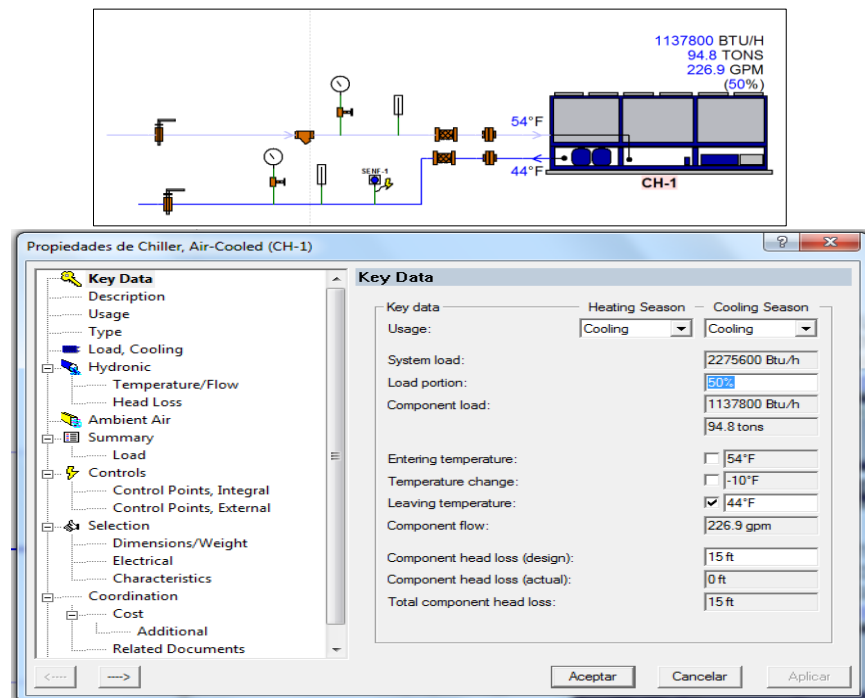
- Ingreso de accesorios varios: El siguiente paso a seguir es el ingreso de accesorios de control como: termómetros, manómetros, válvulas y filtros, dependiendo del arreglo que se desee. Este paso se debe realizar en cada una de las manejadoras, bombas y enfriadores del sistema. Todos estos equipos ya fueron definidos en el capítulo previo.
- Ingreso de Roof Fan Coils: Para estos equipos se debe ingresar la carga térmica que fue calculada previamente en el capítulo 3, el diferencial de temperatura y el conjunto de válvulas para control de este equipo.



Key Data	
Key data	Heating Season - Cooling Season
Usage:	None
Load:	30950 Btu/h
Entering temperature:	☐ 44°F
Temperature change:	☒ 10°F
Leaving temperature:	☐ 54°F
Component flow:	☐ 6.2 gpm
Component head loss:	☒ 5 ft
Total head loss:	5 ft
Output rating:	n/a

**FIGURA 4.11 DIAGRAMA DE ROOF FAN COIL
Y VENTANA DE INGRESO DE DATOS ELITE
SOFTWARE – CHVAC SOLUTION PRO**

- Ingreso de Enfriadores de agua: Una vez ingresados los evaporadores/enfriadores de aire se procede a ingresar el sistema de eliminación de calor, en este caso, los enfriadores de agua, la cantidad y el porcentaje de la carga total que debe ser capaz de abarcar cada uno de ellos con el respectivo conjunto de válvulas que se desean de acuerdo a la configuración seleccionada.



**FIGURA 4.12 DIAGRAMA DE ENFRIADORES DE AGUA
(CHILLERS) Y VENTANA DE INGRESO DE DATOS ELITE
SOFTWARE – CHVAC SOLUTION PRO**

- Ingreso de Sistema de bombeo: Finalmente, para poder realizar la conexión de los equipos se debe ingresar el sistema de bombeo correspondiente al sistema variable primario especificando en el programa el tipo de bomba deseada, la cantidad de bombas, porcentaje de capacidad que debe abarcar cada una, la configuración de las mismas que para el caso de este sistema es en

paralelo con variadores de frecuencia y el conjunto de válvulas.

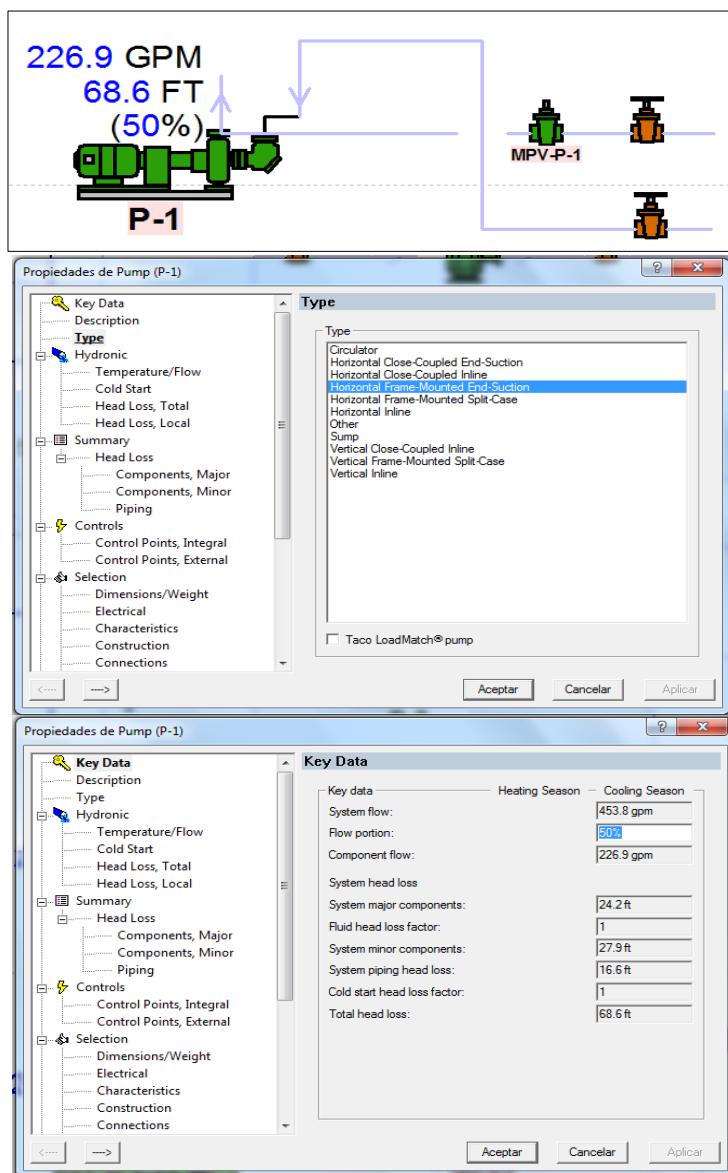
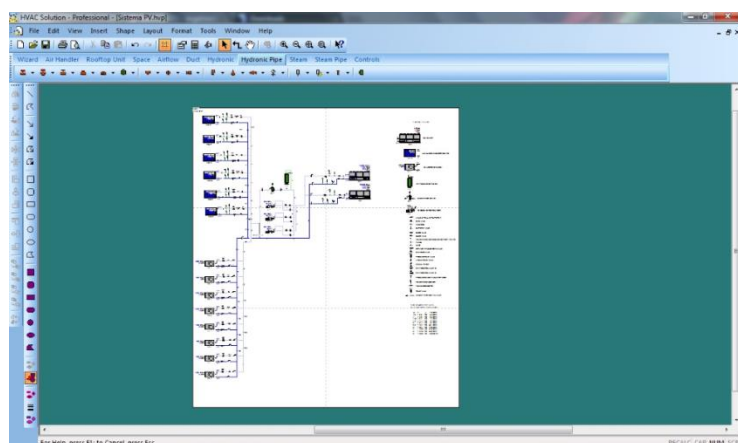


FIGURA 4.13 DIAGRAMA DE BOMBAS Y VENTANA DE INGRESO DE DATOS ELITE SOFTWARE – CHVAC SOLUTION PRO

La selección de los filtros usados en las manejadoras de la sala de proceso, oficinas y laboratorios se realiza según los requerimientos del capítulo 1, de tal manera que para las manejadoras de la sala de proceso y oficinas de planta baja se usan filtros de 30%-60% de eficiencia en el retorno. Los filtros usados en los equipos de los laboratorios son de 30%-60% de eficiencia en el retorno y HEPA del 99,9% de eficiencia en la descarga por medio de fan filter unit de Price para los roof fan coils.

El resultado es mostrado como el diagrama de la figura 4.10 y además entrega un reporte incluyendo el listado de materiales con las características básicas.



**FIGURA 4.14 PANTALLA PRINCIPAL DE ELITE
SOFTWARE – CHVAC SOLUTION PRO**

Para el caso del estudio se ingresaron las cargas de las diferentes zonas como capacidad de los evaporadores y se consideraron dos enfriadores de agua con sistema de bombeo variable primario por las razones ya definidas previamente en este capítulo teniendo como resultado dos enfriadores centrífugos (chillers) condensados por aire con capacidad variable de 98,5TR nominales (228,2 GPM @ 10°F ΔT); los equipos se dispondrán en paralelo con sus respectivos circuitos de agua. Los enfriadores contarán con válvulas de aislamiento motorizadas en el evaporador y el condensador para permitir una operación individual independiente de cada máquina dependiendo del régimen de carga de las áreas a climatizar.

El diseño final de este sistema se encuentra en el diagrama y planos del anexo 36, en conjunto con el diagrama entregado por el programa Elite Software – CHVAC Solution PRO, donde se pueden observar las diferentes dimensiones de tuberías, tipos de válvulas y características varias del diseño. Además en la parte final del anexo se encuentra un cuadro resumiendo los materiales con sus respectivas cantidades. El diseño considera la necesidad de aislar la cubierta de la sala

de proceso para disminuir la carga térmica según el estudio desde el capítulo 2.

El diseño del sistema excluye:

- Bases de hormigón o metálicas para los enfriadores de agua.
- Cualquier obra como trabajos de carpintería, albañilería, pasos en paredes y losas, tumbados falsos, impermeabilización de ductos exteriores, etc. Será responsabilidad el ingeniero civil.
- La red de los sistemas de drenaje de condensado de cada una de las unidades manejadoras y roof fan coils y su conexión al sistema de aguas lluvias será diseñado e instalado por el ingeniero sanitario de acuerdo a los requerimientos técnicos de los equipos.
- El suministro de energía eléctrica a todas las unidades será responsabilidad del ingeniero eléctrico, incluido breakers, cables de fuera y control hasta dentro de los equipos, fundas flexibles impermeables, tuberías, cajas, conectores.

- El suministro e instalación de tuberías eléctricas y de control, breakers, cableado y caja de conexión para la instalación de termostatos es de responsabilidad del ingeniero eléctrico de acuerdo a los requerimientos del ingeniero mecánico en base a los datos técnicos de los equipos.
- Cortes de paredes y cielo falso y sus refuerzos para ubicación de rejillas y difusores.

4.2.2. Diseño de sistema de climatización por volumen de Refrigerante Variable para oficinas⁵¹

De igual manera que para el sistema con agua helada, a pesar que ya se definió el tipo de sistema que se debe usar para oficinas, no se ha definido el diseño específico del mismo. Mediante el sistema de selección usado se pudo analizar que un sistema con tecnología V.R.V. y roof fan coils es lo más conveniente. Para el caso de estos sistemas el diseño del mismo es más sencillo ya que solo es necesario conocer las cargas térmicas que deben cubrir los roof fan coils para, mediante el uso de un programa, seleccionar el

⁵¹ (<http://www.samsungsystemac.com/main/>)

equipo que logre eliminar el calor extraídos de las zonas por los enfriadores.

El programa que permite seleccionar los equipos es Samsung New DVM PRO 1.0; el cual, mediante el ingreso del tipo de equipo deseado, las cargas térmicas de cada zona y un plano importado de un archivo de AutoCAD donde se especifiquen las dimensiones y ubicaciones de las zonas se logra calcular la capacidad de los equipos de climatización con tecnología V.R.V. La figura 4.15 muestra la pantalla principal de programa con la plataforma de trabajo de tal manera que el proceso de ingreso de datos se da de la siguiente manera:

- Primeramente se importa el plano desde un archivo .dwg al programa Samsung New DVM PRO 1.0 para realizar la selección de los pisos de las zonas que se desean climatizar.

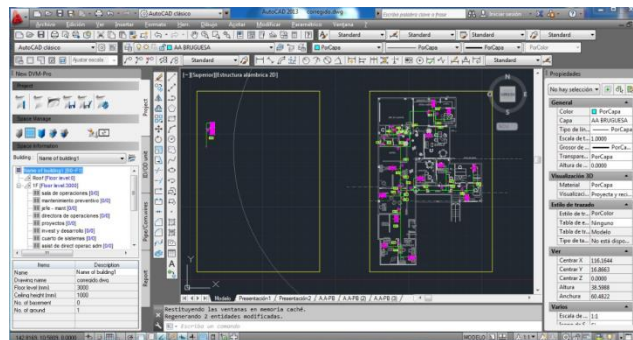


FIGURA 4.15 PANTALLA PRINCIPAL DE INGRESO DE DATOS SAMSUNG NEW DVM PRO 1.0

- Una vez seleccionados los pisos se hace la selección de las áreas de las zonas específicamente por separado.
- Luego de tener identificadas las zonas, se realiza la selección de las unidades de enfriamiento interiores donde se escoge el tipo de evaporador y capacidad del mismo. Para el caso del estudio se realizó la selección de los roof fan coils con sus respectivos filtros de 30%-60% de eficiencia en la succión para cumplir con los requerimientos del capítulo 1.
- Posteriormente, se realiza la selección de la unidad exterior donde su capacidad puede variar entre el 70% y 100% de la sumatoria de las capacidades de las unidades interiores ya que al momento de seleccionar los

evaporadores, estos normalmente son sobredimensionados por razones comerciales pero el condensador debe cubrir solo la carga térmica real, más no la capacidad total de los evaporadores.

- Luego de haber seleccionado los equipos evaporadores y condensadores se procede a especificar el paso de tuberías a través de cada uno de los equipos por las diferentes zonas.
- Luego de haber completado el ingreso de la información previa se procede a correr el programa para que el mismo realice el cálculo y definición de dimensiones y propiedades de las tuberías con sus respectivos accesorios.
- El refrigerante que se usa en estos equipos es estándar, por lo que se encontrarán solo equipos que trabajen con refrigerante R-410a.

Finalmente, el programa entrega los materiales necesarios para la instalación especificando diámetros y longitudes de cada una de las tuberías, accesorios, evaporadores y condensadores. Estos datos se encuentran adjuntos en el anexo 37 en un plano donde indica las diferentes tuberías y

su trayectoria con sus accesorios y un cuadro en el que se resumen los materiales.

El diseño del sistema excluye:

- Bases de hormigón o metálicas para los condensadores.
- Cualquier obra como trabajos de carpintería, albañilería, pasos en paredes y losas, tumbados falsos, impermeabilización de ductos exteriores, etc. Será responsabilidad el ingeniero civil.
- La red de los sistemas de drenaje de condensado de cada uno de los roof fan coils y su conexión al sistema de aguas lluvias será diseñado e instalado por el ingeniero sanitario de acuerdo a los requerimientos técnicos de los equipos.
- El suministro de energía eléctrica a todas las unidades será responsabilidad del ingeniero eléctrico, incluido breakers, cables de fuera y control hasta dentro de los equipos, fundas flexibles impermeables, tuberías, cajas, conectores.
- El suministro e instalación de tuberías eléctricas y de control, breakers, cableado y caja de conexión para la

instalación de termostatos es de responsabilidad del ingeniero eléctrico de acuerdo a los requerimientos del ingeniero mecánico en base a los datos técnicos de los equipos.

- Cortes de paredes y cielo falso y sus refuerzos para ubicación de rejillas y difusores.

4.2.3. Diseño de Sistema de Ventilación⁵²

Un sistema de distribución de aire en ventilación consiste generalmente en dos ventiladores, uno de suministro y otro de extracción con sus respectivos conductos, filtros, persianas de regulación de aire, difusores o rejillas de distribución, etc. como se puede ver en el esquema básico de la figura 4.16.

⁵² (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001)

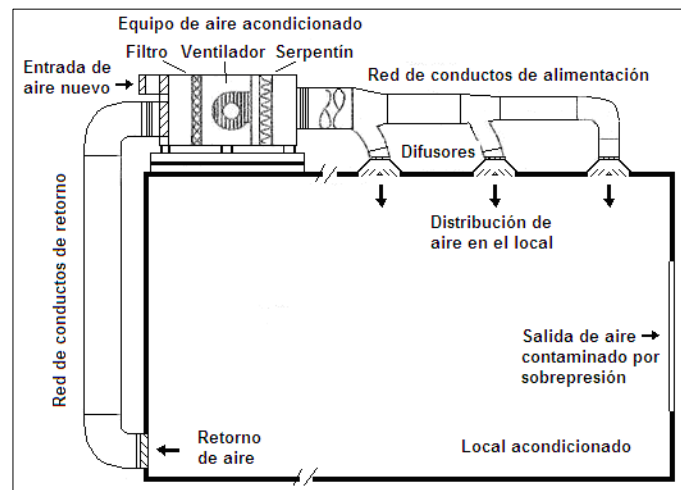


FIGURA 4.16 ESQUEMA BÁSICO DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE.⁵³

La función del ventilador es proporcionar a la corriente de aire la energía necesaria para vencer la resistencia a su circulación, debida a la fricción en los conductos y todos los componentes del sistema. Se utiliza ventiladores centrífugos en la generalidad de las aplicaciones de aire acondicionado, en virtud de su alto rendimiento para soportar presiones relativamente elevadas con un nivel de ruido relativamente bajo.

Para cumplir esta función de forma práctica debe proyectarse dentro de ciertas limitaciones con respecto al espacio

⁵³ (ASHRAE "Ashrae Handbook Fundamentals", 2001)

disponible, pérdidas por rozamiento, velocidad, nivel de ruido, pérdidas o ganancias de calor y fugas.

Los sistemas de conducto de impulsión y de retorno se clasifican atendiendo a la velocidad y presión del aire dentro del ducto. La tabla 4.13 indica los rangos de velocidad y presión permitidos para sistemas de ventilación en áreas de trabajo.

TABLA 55
VELOCIDADES Y CAÍDAS DE PRESIÓN PERMITIDAS.

Clasificación en función de la velocidad		Clasificación en función de la presión	
Baja velocidad	Entre (1.180 y 2.460) ft/m	Baja presión	Entre (0.61 y 2.00) in H ₂ O
		Media Presión	Entre (3.00 y 6.00) in H ₂ O
Alta velocidad	> 2.460 ft/m	Alta presión	> 10

Para este estudio se tiene dos tipos de distribución de aire por medio de ductos, una es por el suministro en la sala de proceso donde se utiliza ductos de tela y la otra que es para el suministro y extracción del sistema de ventilación con un recuperador de energía en las oficinas y laboratorios donde se utilizan ductos de tol galvanizada aislados por medio de

duct wrap en ductos internos y ductos de tol galvanizado aislados con duct wrap más chaqueta de aluminio por fuera, perfectamente impermeabilizada para proteger el aislamiento para los ductos exteriores.

- Diámetro Equivalente

Los ductos pueden ser rectangulares o circulares por lo que es necesario determinar el diámetro equivalente, por medio de la siguiente expresión.

$$D_e = \frac{1.30(ab)^{0.625}}{(a + b)^{0.25}}$$

De= Diámetro equivalente, in.

a= lado del ducto, in.

b= lado adyacente del ducto, in.

- Pérdida de carga

Dentro del conducto el aire experimenta una diferencia de presión, dependiente de las pérdidas por rozamiento. Estas pérdidas se dividen en pérdidas en los conductos y pérdidas por los accesorios.

$$\Delta P = \left(\frac{1000fL}{D_e} + \sum C \right) \rho \frac{V^2}{2}$$

ΔP = Pérdidas por fricción en términos de presión total, in H₂O

f = Factor de fricción, dimensional

L = Longitud del ducto, ft.

D_e = Diámetro equivalente, in:

C = Coeficiente de pérdida en accesorios.

V = Velocidad, ft/min.

ρ = Densidad, 0.075 lb/pie³

Para las pérdidas en accesorios.

$$\Delta P = K \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

▪ Método Igualdad de Fricción

En el método de la igualdad de la fricción, los conductos están dimensionados para una presión constante de pérdida por unidad de longitud. El área sombreada de la gráfica de fricción del anexo 38 es el rango recomendado de coeficiente de fricción y la velocidad del aire.

Después del dimensionamiento inicial, se debe calcular la pérdida de presión total para todas las secciones del conducto y, a continuación, cambiar el tamaño de las secciones de equilibrar las pérdidas de presión en cada unión. El uso de las tablas del anexo 38 es necesario para estimar la caída de presión.

El diseño se basa dividiendo los sistemas de ventilación en dos partes, uno para el área de oficinas y laboratorios, y otro independiente para la sala de proceso.

El anexo 38 muestra los cálculos realizados por sección de ducto para el diseño realizado por disponibilidad de espacio en las zonas a ventilar obteniendo finalmente una caída de presión desde la salida del equipo hasta la sección más lejana.

Las caídas de presión obtenidas fueron de 0,97 pulgadas H₂O para oficinas y laboratorios, y 0,99 pulgadas H₂O para la sala de proceso.

Las dimensiones de los ductos se pueden observar en la tabla del anexo 38 o en el plano en la parte final del mismo.

El diseño del sistema excluye:

- Bases de hormigón o metálicas para los ventiladores.
- Cualquier obra como trabajos de carpintería, albañilería, pasos en paredes y losas, tumbados falsos, impermeabilización de ductos exteriores, etc. Será responsabilidad el ingeniero civil.
- La red de los sistemas de drenaje de condensado de cada una de las unidades y su conexión al sistema de aguas lluvias será diseñado e instalado por el ingeniero sanitario de acuerdo a los requerimientos técnicos de los equipos.
- El suministro de energía eléctrica a todas las unidades será responsabilidad del ingeniero eléctrico, incluido breakers, cables de fuera y control hasta dentro de los equipos, fundas flexibles impermeables, tuberías, cajas, conectores.
- El suministro e instalación de tuberías eléctricas y de control, breakers, cableado y caja de conexión para la instalación de termostatos es de responsabilidad del ingeniero eléctrico de acuerdo a los requerimientos del

ingeniero mecánico en base a los datos técnicos de los equipos.

- Cortes de paredes y cielo falso y sus refuerzos para ubicación de rejillas y difusores.

4.2.4. Diseño de sistema Recuperador de Energía⁵⁴

El diseño del sistema recuperador de energía fue realizado automáticamente con el programa usado previamente en el cálculo del proceso psicométrico del capítulo 3. El programa CAPS trabaja de tal manera que se ingresan las temperaturas, humedades relativas y flujos del aire de ventilación y de las zonas para entregar finalmente la calidad del aire que se entregaría al usar el recuperador de energía y las características del recuperado de energía necesario con las caídas de presión existentes en el sistema de ventilación que el mismo equipo se encargará de vencer.

⁵⁴ Software CAPS by GREENHECK, versión 1.0

The screenshot shows the 'recuperador de energia - Mark 1' configuration window. The 'Design Parameters' section includes fields for Summer Outdoor Dry Bulb (F), Summer Outdoor Wet Bulb (F), Summer Indoor Dry Bulb (F), Summer Indoor Relative Humidity (%), Winter Outdoor Dry Bulb (F), Winter Indoor Dry Bulb (F), and Winter Indoor Relative Humidity (%). The 'Outdoor Air' section includes Volume (CFM) and External S.P. (in. wg). The 'Exhaust Air' section includes Volume (CFM) and External S.P. (in. wg). The 'Performance Corrections' section includes dropdown menus for Frost Controls, Outdoor Filters, Outdoor Damper, Exhaust Filters, Exhaust Damper, and Allow Motor Safety Factor. A 'Show Available Sizes' button is located below the performance corrections. At the bottom, a table lists available models with columns for Model, Relative Cost, OA Effectiveness, Supply FRPM, Supply Actual HP (hp), Exhaust FRPM, and Exhaust Actual.

Model	Relative Cost	OA Effectiveness	Supply FRPM	Supply Actual HP (hp)	Exhaust FRPM	Exhaust Actual
ERV-20-10L	1.00	75.0	1220	0.480	1129	

FIGURA 4.17 PANTALLA PRINCIPAL DE INGRESO DE DATOS CAPS – ENGINEER (GREENHECK)

El proceso de ingreso de datos en la pantalla principal del programa, mostrado en la figura 4.16, es realizado según se muestra a continuación:

- Debe ingresarse los parámetros de diseño, los cuales abarcan las temperaturas de bulbo seco y húmedo para el ambiente y la temperatura de bulbo seco y humedad relativa de la zona a climatizar para invierno y verano.
- Posteriormente, se deben ingresar los flujos de aire de ventilación y de descarga para mantener una presión positiva dentro del área, en el caso que se requiera.

- En pestañas alternas se permite ingresar datos técnicos como configuraciones eléctricas, control y accesorios en el caso que se tengan limitantes, caso contrario el programa emite todas las posibles soluciones.

Luego de ingresar los datos se corre el programa y este, en la parte inferior, muestra el modelo del equipo que se debe usar, en el caso de este estudio el modelo escogido es el ERV-20-15L. Las especificaciones técnicas del equipo son facilitadas por el fabricante luego de la solicitud, la cual se encuentra adjunta en el anexo 40.

El diseño del sistema excluye:

- Bases de hormigón o metálicas para los ventiladores.
- Cualquier obra como trabajos de carpintería, albañilería, pasos en paredes y losas, tumbados falsos, impermeabilización de ductos exteriores, etc. Será responsabilidad el ingeniero civil.
- La red de los sistemas de drenaje de condensado de cada una de las unidades y su conexión al sistema de aguas lluvias será diseñado e instalado por el ingeniero

sanitario de acuerdo a los requerimientos técnicos de los equipos.

- El suministro de energía eléctrica a todas las unidades será responsabilidad del ingeniero eléctrico, incluido breakers, cables de fuera y control hasta dentro de los equipos, fundas flexibles impermeables, tuberías, cajas, conectores.
- El suministro e instalación de tuberías eléctricas y de control, breakers, cableado y caja de conexión para la instalación de termostatos es de responsabilidad del ingeniero eléctrico de acuerdo a los requerimientos del ingeniero mecánico en base a los datos técnicos de los equipos.
- Cortes de paredes y cielo falso y sus refuerzos para ubicación de rejillas y difusores.

CAPÍTULO 5

5. CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DISEÑADOS

Luego de realizar el diseño del sistema es necesario realizar la selección de los equipos que cumplan con las características definidas para cumplir con el diseño. Con los datos de los anexos 36, 37 y 38 se procede a buscar en el mercado equipos, partes y accesorios de la mejor calidad para poder cumplir con estándares de garantía a nivel industrial.

5.1. Equipos e Instalación

Los equipos e instalación se encuentran basados en el diseño de selección tomando equipos que cumplan con los requerimientos con sustento en especificaciones técnicas entregadas por los fabricantes. Debido a que se intenta ofrecer la mejor calidad con los

mejores resultados la búsqueda de la marca que ofrezca la mejor garantía con mayor prestigio en el mercado para cada tipo de sistema propuesto.

Los enfriadores de agua de la marca YORK®⁵⁵ brindan la opción de enfriadores de agua (chillers) enfriados por aire de mejor calidad en el mercado a la capacidad que se desea trabajar. Para el caso de las manejadoras y los roof fan coils, debido a que YORK® también cuenta con la rama de este tipo de equipo, serán seleccionados con la misma marca de los enfriadores de agua con el modelo que mejor se acople a los requerimientos del proyecto.

Los condensadores con tecnología V.R.V. son encontrados en diferentes marcas, varias marcas usan la tecnología INVERTER para poder cumplir con el volumen de refrigerante variable pero solo los equipos Samsung, con patente reservada, trabajan con compresores Digital Scroll, los cuales no requieren de conversión de energía para variar el flujo, sino que trabajan con una válvula solenoide que regula el flujo desde la cámara de compresión del

⁵⁵ <http://www.york.com/>

compresor y esto permite que los compresores tengan un sistema más sencillo a menor costo con mejores resultados.

Finalmente, las bombas centrífugas de caudal son encontradas en varias marcas para la capacidad requerida pero debido a la facilidad de encontrar bombas marca Goulds Pump en el mercado se consideran bombas de esta marca para el proyecto.

Los accesorios como válvulas, filtros, cañerías, son de diferentes marcas, siempre buscando la mejor calidad para poder asegurar la garantía del trabajo que se realizará.

Dentro del catálogo de Enfriadores de Agua (chillers) marca YORK®, adjunto en el anexo 39 se procedió a buscar el modelo que cumpla con los requerimientos de diseño para 94,8 TR con 226,9 galones por minuto, encontrando como la mejor opción el modelo YLAA0100SE que entrega la capacidad nominal de 95,8 TR con 228,2 galones por minuto.

Para la selección de las manejadoras de aire se usó el catálogo de YORK® adjunto en el anexo 40 donde se procedió a buscar el modelo que cumpla con los requerimientos de diseño para

enfriadores con refrigerante agua de capacidad 347600 BTU/h y caudal 69,3 galones por minuto encontrando como la mejor opción el modelo YSM50-13x15-HH-L que maneja 347600 BTU/h con 69,2 galones por minuto de agua con un diferencial de temperatura de 10 °F.

De igual manera, se usó el mismo catálogo para la selección de los Roof Fan Coils del sistema de agua helada para encontrar los equipos que cumplan con las diferentes cargas térmicas para cada una de las zonas pero basados principalmente en cumplir con la carga térmica encontrada en la etapa de diseño sin importar la cantidad de aire. Los modelos de los equipos encontrados para las diferentes zonas son:

- YGFC10CB3HXFHALEG para la zona 2.
- YGFC08CB3HXFHALEG para la zona 19.
- YGFC12CB3HXFHALEG para las zonas 20 y 21.
- YGFC06CB3HXFHALEG para la zona 22.
- YGFC04CB3HXFHALEG para las zonas 17, 18 y 23.

La nomenclatura indica las características de cada una de las manejadoras de acuerdo a cada una de las siglas, tal como se puede observar en el anexo 40.

Para el sistema de volumen de refrigerante variable, se realizó el mismo proceso de selección encontrando los siguientes modelos:

- AVXWNH020CE para la zona 7 (evaporador de pared).
- AVXDSH032CE para la zona 4.
- AVXWNH032CE para la zona 8 (evaporador de pared).
- AVXDSH040CE para las zonas 11 y 14.
- AVXDSH052CE para las zonas 6, 9, 13 y 16
- AVXDSH072CE para las zonas 3, 5, 10, 12 y 15

NOTA: para los casos que se seleccionó evaporadores de pared fue debido a que el espacio físico no permitía la instalación de un equipo roof can coil.

Para los condensadores del sistema de tecnología V.R.V. se realizó la selección mediante el uso del catálogo de equipos Samsung que se encuentra dentro de la página comercial de esta marca⁵⁶. Para este caso se tomó como parámetro de selección principal la

⁵⁶ (<http://www.samsungsystemac.com/main/>)

capacidad definida en la etapa de diseño con 216000 BTU/h encontrando que el equipo requerido es un modelo combinado de equipos modelo:

- RVXVHT100FE
- RVXVHT125FE

El anexo 40 contiene las páginas del catálogo comercial que corresponden a la selección de los equipos del sistema de tecnología V.R.V.

La selección de bombas se realizó mediante el uso de las curvas entregadas por el fabricante Goulds Pump, adjuntas en el anexo 41, tomando en consideración para la selección el caudal de 226,9 galones por minuto y cabezal de 68,6 pies obteniendo como resultado la selección de bombas del modelo:

- Goulds Pump 3180/3185 medida 3 - 6 ¼.

Finalmente, las válvulas ya fueron seleccionadas durante el proceso de diseño y se trabajará con las marcas Danfoss, Red and White y Victaulic. Los accesorios varios serán de las marcas de mejor calidad encontradas en el mercado.

TABLA 56

RESUMEN DE LOS EQUIPOS, ACCESORIOS Y MATERIALES

NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA.

DESCRIPCIÓN	Unidad.	Cant.
Equipos		
Unidad Condensadora DVM de 216.000 BTU/h; (R410a)	und.	1
Fan-Coil DVM de 24.000 BTU/h; (R410a)	und.	5
Fan-Coil DVM de 18.000 BTU/h; (R410a)	und.	4
Fan-Coil DVM de 12.000 BTU/h; (R410a)	und.	3
Consola de pared DVM de 6.000 BTU/h; (R410a)	und.	1
Consola de pared DVM de 9.500 BTU/h; (R410a)	und.	1
Chiller, Enfriado por aire, Scroll, 100 TR; (R410a)	und.	2
Unidades Manejadoras de Aire, 347.600 BTU/h; (R410a)	und.	6
Unidad Fan Coil, 9.400 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 12.700 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 14.200 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 19.800 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 27.000 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 31.000 BTU/h; (R410a)	und.	1
Unidad Fan Coil, 37.900 BTU/h; (R410a)	und.	2
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9 GPM, 62.3 FT	und.	1
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9 GPM, 67.7 FT	und.	1
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9 GPM, 68 FT	und.	1
Tanque Separador de aire, Colador, 16"	und.	1
Tanque de Expansión, Cama de Aire Vertical, 20"	und.	1
Recuperador de Energía, 1.000 cfm, 0.2"ca	Und.	1
Tuberías de Cobre y Accesorios		
Branch 0.1<a<51 MBTU	und.	4
Branch 51<a<138 MBTU	und.	6

Branch 138<a<160 MBTU	und.	1
Branch 160<a<240 MBTU	und.	2
Branch exteriores para condensadores	und.	1
tubería de cobre de 1 1/8" rígida	mts.	18,00
tubería de cobre de 7/8" flexible	mts.	3,60
tubería de cobre de 3/4"	mts.	23,40
tubería de cobre de 5/8"	mts.	39,60
tubería de cobre de 1/4"	mts.	27,00
tubería de cobre de 1/2"	mts.	30,60
tubería de cobre de 3/8"	mts.	52,20
uniones de cobre de 1 1/8"	und.	3
uniones de cobre de 7/8"	und.	1
codos de cobre de 1 1/8"	und.	4
codos de cobre de 7/8"	und.	3
codos de cobre de 5/8"	und.	3
codos de cobre de 3/4"	und.	6
Aislante Rubatex		
aislante de 1 1/8" x 1/2"	mangas	10
aislante de 7/8" x 1/2"	mangas	2
aislante de 3/4" x 1/2"	mangas	13
aislante de 3/8" x 1/2"	mangas	96
aislante de 5/8" x 1/2"	mangas	22
soldadura de plata 5%	var	19
soldadura de plata 15%	var	8
Tubería de Acero y Accesorios		
Tubería de acero negro 3/4"	mts.	12,00
Tubería de acero negro 1"	mts.	18,00
Tubería de acero negro 1 1/4"	mts.	18,00
Tubería de acero negro 1 1/2"	mts.	6,00
Tubería de acero negro 2"	mts.	96,00
Tubería de acero negro 2 1/2"	mts.	42,00
Tubería de acero negro 4"	mts.	36,00
Tubería de acero negro 5"	mts.	54,00
Chaqueta de aislamiento con poliuretano de alta densidad		
Aislante de tubería 3/4"	mts.	12,00

Aislante de tubería 1"	mts.	18,00
Aislante de tubería 1 1/2"	mts.	6,00
Aislante de tubería 1 1/4"	mts.	18,00
Aislante de tubería 2"	mts.	96,00
Aislante de tubería 2 1/2"	mts.	42,00
Aislante de tubería 4"	mts.	36,00
Aislante de tubería 5"	mts.	54,00
ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN		
Filtro de cerdas	und.	56
Junta Flexible Expandible, Hidronico, 5"	und.	4
Junta Bridada, Hidronico, 5"	und.	4
Junta Bridada, Hidronico, 2 1/2"	und.	12
Indicador de Presión, (Fluido)	und.	17
Indicador de Temperatura, (Fluido)	und.	17
Sensor detector de flujo	und.	2
Filtro, Tipo - Y 3/4"	und.	3
Filtro, Tipo - Y 1"	und.	2
Filtro, Tipo - Y 1 1/4"	und.	2
Filtro, Tipo - Y 2 1/2"	und.	6
Filtro, Tipo - Y 5"	und.	2
Válvula de Balanceo, Recta manual, 3/4"	und.	3
Válvula de Balanceo, Recta manual, 1"	und.	3
Válvula de Balanceo, Recta manual, 1 1/4"	und.	2
Válvula de Balanceo, Recta manual, 2 1/2"	und.	6
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 3/4"	und.	6
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 1"	und.	6
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 1 1/4"	und.	4
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 2"	und.	2
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 5"	und.	6
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vias, 1/2"	und.	3
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vias, 3/4"	und.	3
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vias, 1"	und.	2
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vias, 2"	und.	6
Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 2 1/2"	und.	12
Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 4"	und.	6

Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 5"	und.	2
Válvula Multipropósito, 2.5"	und.	3
Válvula de alivio, Ventilación de aire, Hidronico, 0.5"	und	1
MATERIALES		
Controles DVM	und.	12
Termostato 1 etapa digital	und.	8
Termostato 2 etapas prog/digital	und.	6
Arrancador para Ventilador y Recuperador de Energía	und.	2
Protector de voltaje trifásico	und.	6
Refrigerante R410a	lbs.	6
dampers de regulación redondos	und.	30
DUCTOS		
Suministro, Fabricación e Instalación de Ductos de Tol Galvanizados aislados con Aerocon	kg.	430,00
Suministro, Fabricación e Instalación de Ductos de Tol Galvanizados aislados con Duct Wrap	kg.	1.350,00
Suministro, Fabricación e Instalación de cajas de Tol Galvanizados aislados con Duct Wrap para difusores	kg.	300,00
Ducto de Tela ø 710 mm	mts.	182,40
MANGUERAS FLEXIBLES AISLADAS		
manguera de 8"	mts.	73,20
manguera de 6"	mts.	1,20
manguera de 4"	mts.	25,20
REJILLAS Y DIFUSORES		
Fan Filter Mode FFM 36"x24" (99,9 % Eficiencia, 0,3 µm partículas)	und.	5
Fan Filter Mode FFM 24"x24" (99,9 % Eficiencia, 0,3 µm partículas)	und.	1
Rejilla de Retorno 6"x6"; mod. RA	und.	13
Rejilla de Retorno 8"x8"; mod. RA	und.	1
Rejilla de Retorno 22"x22"; mod. RA	und.	20
Rejilla de Retorno 24"x24"; mod. RA	und.	2
Rejilla de Retorno 26"x26"; mod. RA	und.	18
Difusor de Suministro 6"x6"; mod. JS	und.	2
Difusor de Suministro 10"x10"; mod. JS	und.	3

Difusor de Suministro 12"x12"; mod. JS	und.	5
Difusor de Suministro 14"x14"; mod. JS	und.	5
Difusor de Suministro 16"x16"; mod. JS	und.	3
Difusor de Suministro 18"x18"; mod. JS	und.	1
FILTROS DE ALTA EFICIENCIA		
FILTROS DE 24"x12"x4", eficiencia 60%	und.	1
FILTROS DE 24"x12"x2", eficiencia 30%	und.	1
MATERIALES DE SOPORTACIÓN		
Base metálica tipo mesa ángulo 1-1/4x1/8	und.	2
Soportación de tubería de cobre	und.	55
Empate drenajes	und.	28
Base metálica equipos grandes	und.	7
Collarines para mangueras	und.	164

El proceso de instalación deberá basarse en los planos y diagramas resultantes del proceso de diseño tomando en cuenta puntos claves para garantizar que no existan problemas durante el arranque de los sistemas.

La tabla 57 Muestra los detalles principales que se deben tomar en cuenta al momento de la instalación con relación a las especificaciones adjuntas en el anexo 42 obtenidas de la práctica de una empresa especializada en el montaje de equipos de climatización.

TABLA 57

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA INSTALACIÓN DE

SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

MATERIAL	PRODUCTO	EJECUCIÓN/INSTALACION
Ductos de baja presión	Ductos	Fabricación según planos proporcionados
	Láminas	Fabricación con lámina lisa A.G. ASTM A525 de acuerdo a calibres de Anexo 42.
	Uniones transversales	Fabricación según Anexo 42
	Uniones longitudinales	Tipo "Pittsburgh" para esquinas y "Standing Seam" para las restantes.
	Refuerzos	Se colocarán de acuerdo al Anexo 42
	Codos	Deberán tener radio igual al lado del ducto
	Piezas de transición	Las pendientes no excederán el 5%
	Compuertas de regulación de flujo	Se deberán colocar según los planos.
	Soportes para ductos rectangulares	Con varillas roscadas sobre canales
	Ductos ventilación mecánica	No requieren de aislamiento.
	Ductos del sistema de aire acondicionado	Aislamiento con fibra de vidrio 1 1/2" espesor y 0,75 lb/pie ² de densidad soportado con lámina de papel aluminio pegable
	Dimensiones	Según planos proporcionados
	Juntas flexibles	Unidas con acoples flexibles contruidos con lámina galvanizada calibre 24 de ancho 75 mm unidas con una lona de vinyl de 100 mm de ancho
	Sello de ductos	Debe usarse pasta elastomérica
	Herramientas mínimas	Las herramientas mínimas serán: Dobladora de tol hasta 1.2 mm de espesor, Bader para refuerzo de las planchas, Pittsburgh, Triplex Cleatformer, Lockformer, roladora, escaleras, andamios, herramienta menor y equipo de protección personal como cinturones de seguridad con línea de vida, gafas, guantes, botas, orejeras, etc.
	Procedimiento de trabajo	Seguimiento de planos y entrega de planos "as build"

	Pruebas	Estanqueidad, soportes y aislamiento.
Difusores y Rejillas	Instalación	Ubicación de acuerdo a planos
	Materiales	Rejillas de Aluminio extruido con pintura electrostática y tornillos de A.I.
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Alineación y soporte.
Módulos de filtros con ventiladores	Instalación	Según planos proporcionados
	Materiales	Filtros HEPA 99% eff. De aluminio extruido, ventiladores a 220V monofásico de acople directo, tornillos, varillas roscadas, ángulos
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Trabajo sin hendiduras.
Manga Flexible	Instalación	Según planos proporcionados
	Materiales	Mangas flexibles, en el diámetro especificado, aisladas con lana de vidrio y con doble barrera de vapor, con un alma interior en espiral de metal, tornillos, varillas roscadas.
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Trabajo sin hendiduras.
Filtros	Instalación	Según planos proporcionados
	Materiales	Filtro de malla galvanizada o filtro de cerda de 1" de espesor como mínimo, con un marco de tol galvanizado gauge 24 lavables, filtros de 30-60% eff., tornillos A.I., varillas roscadas
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Trabajo sin hendiduras.
Soportes	Instalación	Las unidades evaporadoras verticales hasta 60,000 Btu/h y ventiladores verticales contarán con bases tipo mesa fabricadas con ángulo de 1-1/4" x 1/8", las mayores sobre bases de hormigón. Las unidades evaporadoras horizontales y ventiladores horizontales serán soportados con ángulos de 1-1/4" x 1/8" soportados en la losa con lámina de antivibración.

	Materiales	Ángulos de 1 1/4" x 1/8", tacos fisher, tirafondos, aislante de neopreno
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Soportes, trabajo sin hendiduras.
Materiales Varios y Accesorios		Los accesorios mínimos que contarán las unidades de aire acondicionado serán: • Tuercas de bronce para conexión entre filtros, tuberías y equipos. • Válvulas de carga en las tuberías para presurizar el sistema con nitrógeno durante las pruebas. • Retardador de encendido del condensador regulable de 1 a 8 minutos. • Carga de gas refrigerante HFC-410a o HFC-407c . Los equipos deberán venir de fábrica con los siguientes accesorios como mínimo: • Contactor en la unidad condensadora. • Válvulas de cierre y de servicio en la unidad condensadora. • Capacitores para los compresores y motores de la unidad condensadora. • Capacitor del motor de la unidad evaporadora • Relay para el motor de la unidad evaporadora • Transformador en la unidad evaporadora
Enfriadores de agua (Chillers)	Instalación	Según planos proporcionados, sobre plataformas prefabricadas por profesionales especializados.
	Materiales	Enfriadores de agua, láminas de neopreno, aisladores de vibración
	Herramientas mínimas	Grúa, herramientas básicas, soldadora.
	Pruebas	Pruebas de estanqueidad, presión, temperatura.
Manejadoras	Instalación	Según planos proporcionados, sobre plataformas prefabricadas por profesionales especializados.
	Materiales	Manejadoras, láminas de neopreno, aisladores de vibración

	Herramientas mínimas	Grúa, herramientas básicas, soldadora.
	Pruebas	Pruebas de estanqueidad, presión, temperatura.
Roof Fan Coils	Instalación	Según planos proporcionados, dentro del espacio del pleno.
	Materiales	Roof fan coils, lámina de neopreno.
	Herramientas mínimas	Escaleras, andamios, EPP's, herramientas menores.
	Pruebas	Soportes, ajuste.
Bombas	Instalación	Según planos proporcionados, sobre bases metálicas con espacio suficiente para mantenimiento y ventilación.
	Materiales	Bombas, tuberías, soportes, empaques de cuacho y lona.
	Herramientas mínimas	Herramientas menores, taladros.
	Pruebas	Estanqueidad, presiones, temperaturas, flujos.
Recuperador de Energía	Instalación	Según planos proporcionados, acoplado a sistema de ventilación en las líneas común
	Materiales	Recuperador de energía, láminas de A.G. grado 18.
	Herramientas mínimas	Pittsburgh, dobladores, herramientas menores
	Pruebas	Trabajo sin hendiduras, giro, presiones, temperaturas, ajustes.
Tuberías	Instalación	Según planos proporcionados sobre soportes según diámetro
	Materiales	Tubería de cobre 99,0%, tuberías PVC, tuberías H.N., acoples, soldadura y otros materiales según especificaciones dadas al final del anexo 42
	Herramientas mínimas	Herramientas menores, oxiacetileno, soldadora, cortadora, herramientas para trabajo con tuberías de cobre.
	Pruebas	Estanqueidad, flujos, presiones.

NOTA: El trabajo de aislamiento del tumbado a 7 metros de altura en la sala de proceso no se incluye dentro de la propuesta. Este trabajo debe cotizarse con un contratista especializado.

5.2. Eficiencia Energética

Los equipos de climatización, a nivel comercial, son presentados comúnmente con eficiencia energética SEER, la cual representa la relación existente entre la capacidad nominal del equipo en BTU/h sobre el consumo nominal del equipo en vatios. SEER es abreviatura para Seasonal Energy Efficiency Ratio (Índice de eficiencia energética por temporada). Este índice es manejado principalmente en partes del mundo donde los equipos pueden trabajar para calefacción o climatización. El SEER permite además realizar la clasificación de eficiencia energética según los rangos definidos previamente por la Unión Europea.⁵⁷

57

http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120405210308/http://direct.gov.uk/en/Environmentandgreenerliving/Greenerhomeandgarden/Greenerlabelsandclaims/DG_064872

	SEER 	SCOP 
	Eficiencia en frío (SEER)	Eficiencia en calor (SCOP)
A+++	$SEER \geq 8,50$	$SCOP \geq 5,10$
A++	$6,10 \leq SEER < 8,50$	$4,60 \leq SCOP < 5,10$
A+	$5,60 \leq SEER < 6,10$	$4,00 \leq SCOP < 4,60$
A	$5,10 \leq SEER < 5,60$	$3,40 \leq SCOP < 4,00$
B	$4,60 \leq SEER < 5,10$	$3,10 \leq SCOP < 3,40$
C	$4,10 \leq SEER < 4,60$	$2,80 \leq SCOP < 3,10$
D	$3,60 \leq SEER < 4,10$	$2,50 \leq SCOP < 2,80$

**FIGURA 5.1 RANGOS PARA CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA –
ETIQUETADO ENERGÉTICO UNIÓN EUROPEA⁵⁸**

Para el caso del estudio, se realiza el cálculo del coeficiente SEER considerando que los equipos son capaces de modular su capacidad nominal a la carga térmica instantánea que se requiere cubrir, pero se comparan el sistema con recuperador de energía y el sistema diseñado sin el recuperador de energía.

58

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69295/pb13466-eu-energy-label.pdf

TABLA 58

**CÁLCULO DE SEER CON RECUPERADOR DE ENERGÍA Y SIN
RECUPERADOR DE ENERGÍA**

	CARGA TÉRMICA		CAPACIDAD	CARGA ELÉCTRICA [kW/h]				CARGA ELÉCTRICA TOTAL		SEER	
SISTEMA	CON E.R.	SIN E.R.	CONDENSADOR [TR]	CONDENSADOR	ENFRIADORES	BOMBAS	SISTEMA VENTILACIÓN	CON E.R.	SIN E.R.	CON E.R.	SIN E.R.
CHILLER	150,39	181,97	200	221,4	45,97	14,92	2,984	164,31	265,31479	10,98	8,23
VRV		19,37	18	16,79	1,35	0			19,412525		11,97

La tabla 57. Muestra el cálculo del SEER tomando en cuenta el consumo energético de los equipos para la carga térmica que deben cubrir. Se puede observar que la tabla contiene un solo índice para el sistema con recuperador de energía e índices por separado para los sistemas sin recuperador de energía; se consideró de esta manera debido a que al colocar el recuperador de energía se unifica el sistema ya que la energía del aire que es usada para enfriar el aire de ventilación es común mientras que cuando el sistema trabaja sin recuperador de energía los sistemas son completamente independientes.

5.3. Costos Relacionados

Los costos que se consideran dentro de un proyecto de climatización son los costos directos e indirectos. Dentro de los costos directos se

encuentran los costos de equipos e instalación. Dentro de los costos indirectos se encuentran los costos de operación que abarca el consumo energético del equipo y los costos por mantenimiento. Los costos de mantenimiento son proporcionales al uso que se le den al equipo pero se propondrán costos basados en un mantenimiento preventivo básico.

5.3.1. Costo de Equipos e Instalación

En base al listado de materiales de la tabla 58, es posible realizar el costeo individual de cada uno de los equipos, partes y accesorios que forman el sistema de climatización y mediante el uso de una relación preestablecida obtenida de una empresa activa en el campo de montajes de equipos de climatización se logra obtener el costo de instalación de cada uno de los rubros previamente cotizados.

La tabla 59 muestra el resumen de costos de equipos e instalación por separado pero relacionados el uno con el otro. Los costos de los equipos fueron obtenidos mediante cotizaciones reales con empresas nacionales especializadas

en la importación de cada una de las ramas correspondientes.

TABLA 59
COSTOS DE EQUIPOS E INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN	Unidad.	Cant.	MATERIALES		INSTALACION	
			Precio Unitario US\$	Precio Total US\$	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
Equipos						
Unidad Condensadora DVM de 216.000 BTU/h; (R410a)	und.	1	21.281,88	21.281,88	1.818,18	1.818,18
Fan-Coil DVM de 24.000 BTU/h; (R410a)	und.	5	860,63	4.303,13	381,82	1.909,09
Fan-Coil DVM de 18.000 BTU/h; (R410a)	und.	4	775,63	3.102,50	363,64	1.454,55
Fan-Coil DVM de 12.000 BTU/h; (R410a)	und.	3	807,50	2.422,50	309,09	927,27
Consola de pared DVM de 6.000 BTU/h; (R410a)	und.	1	690,63	690,63	218,18	218,18
Consola de pared DVM de 9.500 BTU/h; (R410a)	und.	1	738,44	738,44	254,55	254,55
Chiller, Enfriado por aire, Scroll, 100 TR; (R410a)	und.	2	70.155,20	140.310,40	2.181,82	4.363,64
Unidades Manejadoras de Aire, 347.600 BTU/h; (R410a)	und.	6	11.878,23	71.269,35	1.363,64	8.181,82
Unidad Fan Coil, 9.400 BTU/h; (R410a)	und.	1	495,84	495,84	272,73	272,73
Unidad Fan Coil, 12.700 BTU/h; (R410a)	und.	1	555,91	555,91	309,09	309,09
Unidad Fan Coil, 14.200 BTU/h; (R410a)	und.	1	568,18	568,18	345,45	345,45
Unidad Fan Coil, 19.800 BTU/h; (R410a)	und.	1	858,51	858,51	363,64	363,64
Unidad Fan Coil, 27.000 BTU/h; (R410a)	und.	1	1.060,09	1.060,09	381,82	381,82
Unidad Fan Coil, 31.000 BTU/h; (R410a)	und.	1	1.103,25	1.103,25	400,00	400,00
Unidad Fan Coil, 37.900 BTU/h; (R410a)	und.	2	1.238,85	2.477,70	418,18	836,36
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9	und.	1	7.961,25	7.961,25	1.090,91	1.090,91

GPM, 62.3 FT						
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9 GPM, 67.7 FT	und.	1	7.961,25	7.961,25	1.090,91	1.090,91
Bomba, Marco de Montaje Final de Aspiración Horizontal, 226.9 GPM, 68 FT	und.	1	7.961,25	7.961,25	1.090,91	1.090,91
Tanque Separador de aire, Colador, 16"	und.	1	2.125,00	2.125,00	218,18	218,18
Tanque de Expansión, Cama de Aire Vertical, 20"	und.	1	1.750,00	1.750,00	218,18	218,18
Recuperador de Energía, 1.000 cfm, 0.2"ca	und.	1	4.464,78	4.464,78	909,09	909,09
Sistema de control	glb.	1	48.066,00	48.066,00		
			SUB-TOTAL	331.527,81	SUB-TOTAL	26.654,55
			12 % I.V.A.	39.783,34	12 % I.V.A.	3.198,55
			TOTAL	371.311,15	TOTAL	29.853,09
Tuberías de Cobre y Accesorios						
Branch 0.1<a<51 MBTU	und.	4	176,54	706,15	83,45	333,82
Branch 51<a<138 MBTU	und.	6	209,23	1.255,38	98,91	593,45
Branch 138<a<160 MBTU	und.	1	235,38	235,38	111,27	111,27
Branch 160<a<240 MBTU	und.	2	247,15	494,31	116,84	233,67
Branch exteriores para condensadores	und.	1	255,00	255,00	120,55	120,55
tubería de cobre de 1 1/8" rígida	mts.	18,00	23,08	415,38	10,91	196,36
tubería de cobre de 7/8" flexible	mts.	3,60	18,55	66,79	8,77	31,58
tubería de cobre de 3/4"	mts.	23,40	10,60	248,04	5,01	117,26
tubería de cobre de 5/8"	mts.	39,60	8,72	345,43	4,12	163,30
tubería de cobre de 1/4"	mts.	27,00	3,00	81,00	1,42	38,29
tubería de cobre de 1/2"	mts.	30,60	6,32	193,49	2,99	91,47
tubería de cobre de 3/8"	mts.	52,20	4,89	255,38	2,31	120,72
uniones de cobre de 1 1/8"	und.	3	2,06	6,18	0,97	2,92
uniones de cobre de 7/8"	und.	1	1,03	1,03	0,49	0,49
codos de cobre de 1 1/8"	und.	4	3,34	13,35	1,58	6,31
codos de cobre de 7/8"	und.	3	1,71	5,12	0,81	2,42
codos de cobre de 5/8"	und.	3	0,72	2,17	0,34	1,03
codos de cobre de 3/4"	und.	6	1,20	7,20	0,57	3,40
Aislante Rubatex						
aislante de 1 1/8" x 1/2"	mangas	10	2,91	29,08	1,37	13,75

aislante de 7/8" x 1/2"	mangas	2	2,74	5,48	1,29	2,59
aislante de 3/4" x 1/2"	mangas	13	2,23	29,00	1,05	13,71
aislante de 3/8" x 1/2"	mangas	96	1,82	174,64	0,86	82,56
aislante de 5/8" x 1/2"	mangas	22	2,06	45,35	0,97	21,44
soldadura de plata 5%	var	19	3,68	69,86	1,74	33,03
soldadura de plata 15%	var	8	9,92	79,38	4,69	37,53
Tubería de Acero y Accesorios						
tubería de acero negro 3/4"	mts.	12,00	15,38	184,62	7,27	87,27
tubería de acero negro 1"	mts.	18,00	17,66	317,91	8,35	150,28
tubería de acero negro 1 1/4"	mts.	18,00	22,71	408,74	10,73	193,22
tubería de acero negro 1 1/2"	mts.	6,00	25,23	151,38	11,93	71,56
tubería de acero negro 2"	mts.	96,00	40,38	3.876,92	19,09	1.832,73
tubería de acero negro 2 1/2"	mts.	42,00	45,43	1.908,09	21,48	902,01
tubería de acero negro 4"	mts.	36,00	75,71	2.725,48	35,79	1.288,41
tubería de acero negro 5"	mts.	54,00	84,62	4.569,23	40,00	2.160,00
Chaqueta de aislamiento con poliuretano de alta densidad						
aislante de tubería 3/4"	mts.	12,00	21,54	258,46	10,18	122,18
aislante de tubería 1"	mts.	18,00	23,08	415,38	10,91	196,36
aislante de tubería 1 1/2"	mts.	6,00	26,15	156,92	12,36	74,18
aislante de tubería 1 1/4"	mts.	18,00	24,62	443,08	11,64	209,45
aislante de tubería 2"	mts.	96,00	30,77	2.953,85	14,55	1.396,36
aislante de tubería 2 1/2"	mts.	42,00	38,46	1.615,38	18,18	763,64
aislante de tubería 4"	mts.	36,00	46,15	1.661,54	21,82	785,45
aislante de tubería 5"	mts.	54,00	38,46	2.076,92	18,18	981,82
ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
Filtro de cerdas	und.	56	35,91	2.010,83	12,73	712,93
Junta Flexible Expandible, Hidronico, 5"	und.	4	61,54	246,15	21,82	87,27
Junta Bridada, Hidornico, 5"	und.	4	56,92	227,69	20,18	80,73
Junta Bridada, Hidornico, 2 1/2"	und.	12	12,31	147,69	4,36	52,36
Indicador de Presión, (Fluido)	und.	17	60,00	1.020,00	21,27	361,64
Indicador de Temperatura, (Fluido)	und.	17	66,15	1.124,62	23,45	398,73
Sensor detector de flujo	und.	2	73,85	147,69	26,18	52,36
Filtro, Tipo - Y 3/4"	und.	3	50,77	152,31	18,00	54,00
Filtro, Tipo - Y 1"	und.	2	55,38	110,77	19,64	39,27

Filtro, Tipo - Y 1 1/4"	und.	2	60,00	120,00	21,27	42,55
Filtro, Tipo - Y 2 1/2"	und.	6	103,08	618,46	36,55	219,27
Filtro, Tipo - Y 5"	und.	2	146,15	292,31	51,82	103,64
Válvula de Balanceo, Recta manual, 3/4"	und.	3	28,00	84,00	9,93	29,78
Válvula de Balanceo, Recta manual, 1"	und.	3	37,23	111,69	13,20	39,60
Válvula de Balanceo, Recta manual, 1 1/4"	und.	2	37,85	75,69	13,42	26,84
Válvula de Balanceo, Recta manual, 2 1/2"	und.	6	130,77	784,62	46,36	278,18
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 3/4"	und.	6	26,31	157,85	9,33	55,96
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 1"	und.	6	28,00	168,00	9,93	59,56
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 1 1/4"	und.	4	40,31	161,23	14,29	57,16
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 2"	und.	2	81,14	162,28	28,77	57,53
Válvula Tipo Bola, Hidronica, 5"	und.	6	141,54	849,23	50,18	301,09
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vías, 1/2"	und.	3	153,85	461,54	54,55	163,64
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vías, 3/4"	und.	3	169,23	507,69	60,00	180,00
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vías, 1"	und.	2	190,77	381,54	67,64	135,27
Válvula de Control Tipo Bola, 2-vías, 2"	und.	6	292,31	1.753,85	103,64	621,82
Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 2 1/2"	und.	12	323,08	3.876,92	114,55	1.374,55
Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 4"	und.	6	492,31	2.953,85	174,55	1.047,27
Válvula Tipo Compuerta, Hidronico, 5"	und.	2	638,46	1.276,92	226,36	452,73
Válvula Multipropósito, 2.5"	und.	3	188,00	564,00	66,65	199,96
Válvula de alivio, Ventilación de aire, Hidronico, 0.5"	und	1	223,08	223,08	79,09	79,09
MATERIALES						
Controles DVM	und.	12	1.370,46	16.445,54	0,00	0,00
Termostato 1 etapa digital	und.	8	59,83	478,65	0,00	0,00
Termostato 2 etapas prog/digital	und.	6	205,12	1.230,74	0,00	0,00
Arrancador para Ventilador y Recuperador de Energía	und.	2	146,15	292,31	0,00	0,00
Protector de voltaje trifásico	und.	6	145,31	871,85	0,00	0,00
Refrigerante R410a	lbs.	6	8,18	51,56	0,00	0,00
dampers de regulación redondos	und.	30	84,62	2.538,46	0,00	0,00

DUCTOS						
Suministro, Fabricación e Instalación de Ductos de Tol Galvanizados aislados con Aerocon	kg.		6,08		5,18	2.228,18
		430,00		2.613,08		
Suministro, Fabricación e Instalación de Ductos de Tol Galvanizados aislados con Duct Wrap	kg.		4,85		4,91	6.627,27
		1.350,00		6.542,31		
Suministro, Fabricación e Instalación de cajas de Tol Galvanizados aislados con Duct Wrap para difusores	kg.		5,77		5,27	1.581,82
Ducto de Tela ø 710 mm	mts.	300,00		1.730,77		
		182,40	284,62	51.913,85	100,91	18.405,82
MANGUERAS FLEXIBLES AISLADAS						
manguera de 8"	mts.	73,20	5,98	438,07	0,00	0,00
manguera de 6"	mts.	1,20	4,78	5,74	0,00	0,00
manguera de 4"	mts.	25,20	3,77	94,98	0,00	0,00
REJILLAS Y DIFUSORES						
Fan Filter Mode FFM 36"x24" (99,9 % Eficiencia, 0,3 µm partículas)	und.		2.769,23		163,64	818,18
		5		13.846,15		
Fan Filter Mode FFM 24"x24" (99,9 % Eficiencia, 0,3 µm partículas)	und.		2.615,38		163,64	163,64
		1		2.615,38		
Rejilla de Retorno 6"x6"; mod. RA	und.		14,69		27,27	354,55
		13		191,00		
Rejilla de Retorno 8"x8"; mod. RA	und.		17,06		27,27	27,27
		1		17,06		
Rejilla de Retorno 22"x22"; mod. RA	und.		57,42		27,27	545,45
		20		1.148,31		
Rejilla de Retorno 24"x24"; mod. RA	und.		66,60		27,27	54,55
		2		133,20		
Rejilla de Retorno 26"x26"; mod. RA	und.		86,58		27,27	490,91
		18		1.558,44		
Difusor de Suministro 6"x6"; mod. JS	und.		24,65		27,27	54,55
		2		49,29		
Difusor de Suministro 10"x10"; mod. JS	und.		33,51		27,27	81,82
		3		100,52		
Difusor de Suministro 12"x12"; mod. JS	und.		40,18		27,27	136,36
		5		200,88		
Difusor de Suministro 14"x14"; mod. JS	und.		54,37		27,27	136,36
		5		271,85		
Difusor de Suministro 16"x16"; mod. JS	und.		62,84		27,27	81,82
		3		188,52		
Difusor de Suministro 18"x18";	und.	1	69,97	69,97	27,27	27,27

mod. JS						
FILTROS DE ALTA EFICIENCIA						
FILTROS DE 24"x12"x4", eficiencia 60%	und.	1	108,34	108,34	38,41	38,41
FILTROS DE 24"x12"x2", eficiencia 30%	und.	1	32,50	32,50	11,52	11,52
MATERIALES DE SOPORTACIÓN						
Base metálica tipo mesa ángulo 1-1/4x1/8	und.	2	86,15	172,31	32,73	65,45
Soportación de tubería de cobre	und.	55	2,77	152,31	2,00	110,00
Soportación de tubería acero negro	und.	94	3,54	332,62	2,73	256,36
Empate drenajes	und.	28	4,20	117,60	18,18	509,09
Base metálica equipos grandes	und.	7	353,85	2.476,92	40,00	280,00
Grúa y montacargas para elevar los equipos.	horas	8	338,46	2.707,69	90,91	727,27
Collarines para mangueras	und.	164	3,62	592,92	3,64	596,36
			SUB-TOTAL	161.847,70	SUB-TOTAL	55.362,93
			12 % I.V.A.	19.421,72	12 % I.V.A.	6.643,55
			TOTAL	181.269,42	TOTAL	62.006,49

El costo total estimado de materiales es de aproximadamente US\$317.477,23 incluido impuestos sin el sistema de control y sin la obra de aislamiento de cubierta a 7 metros de altura. El costo total de instalación de estos equipos es de US\$91.859,58 incluido impuestos. Se realizó la cotización con ingenieros especializados en automatización y control de sistemas de refrigeración para incluir en la propuesta en caso que se desee un solo trabajo integrado con un costo total de la obra, incluida mano de obra e impuestos, por \$644.440,15.

El costo de materiales puede variar dependiendo de los costos de importación de equipos adquiridos en el exterior.

5.3.2. Costo de operación

Los costos de operación, para el caso del consumo energético son proyecciones aproximadas basadas en el cálculo realizado para el consumo máximo para los cinco meses de temperaturas ambientales y humedades relativas más altas y para los ocho meses del año restantes se considera un consumo energético del 80% del consumo energético previsto para los meses de mayor consumo debido a lo que se pudo observar en la tendencia de los análisis de cargas térmicas de las zonas a climatizar durante los doce meses del año.

El anexo 43 contiene el cálculo del costo de operación mensual para el mes de temperaturas más elevadas del año y la tabla 60 muestra los resultados con la relación para demostrar el ahorro que existe mediante el uso del recuperador de energía. Si se realiza la proyección estimada

bajo criterios globales se logra obtener un ahorro dentro de los primeros 5 años de aproximadamente \$316000,00 solo desde el punto de vista energético.

TABLA 60
COSTOS DE OPERACIÓN ENERGÉTICOS Y AHORRO EN 5 AÑOS

SISTEMA	COSTO DE OP. MÁX/HORA		COSTO DE OP./MES CRITICO		AHORRO MENSUAL	AHORRO 5 AÑOS
	CON E.R.	SIN E.R.	CON E.R.	SIN E.R.		
CHILLER		\$ 21,23		\$ 12.225,71	\$ 5.548,61	\$ 316.270,51
VRV	\$ 13,15	\$ 1,55	\$ 7.571,63	\$ 894,53		

El costo de operación, para el caso de mantenimiento, está basado en un mantenimiento preventivo básico en el que se considera la limpieza de los equipos trimestralmente con el uso de agua a temperatura ambiente y el mantenimiento básico de los motores eléctricos incluyendo el barnizado del embobinado del estator, cambio de rodamientos y balanceo de aspas.

La tabla 61 muestra el cálculo y resumen de costos por mantenimiento de los ventiladores y limpieza de los equipos, que es considerado el mantenimiento básico de estas

unidades, muy independiente de la frecuencia de revisión preventiva o predictiva realizada por el personal de la empresa.

TABLA 61

CÁLCULO DE COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL

Mantenimiento	Cantidad de ventiladores	Costo unitario (promedio)	Frecuencia	Costo Anual	Costo Total
Limpieza de serpentines y equipos	36	\$ 15,00	Mensual	\$ 6.480,00	\$ 20.700,00
Mantenimiento de motores		\$ 350,00	Anual	\$ 12.600,00	
Balanceo de aspas y turbinas		\$ 45,00	Anual	\$ 1.620,00	

Se estima un costo de mantenimiento básico de aproximadamente \$20700,00 considerando que no existan problemas anormales con los equipos que deberían ser cubiertos por la garantía dentro de los 3 años a partir de la firma del contrato.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El estudio y análisis del sistema de climatización actual para empresas atuneras del sector de Manta permitió demostrar que el agrupar dos sistemas poco convencionales con recuperación de energía, que normalmente es desperdiciada, es la solución más eficiente desde el punto de vista energético, y que a pesar que el costo inicial de los equipos es más elevado, el ahorro energético logra justificar la inversión.
2. El uso de cualquier método de cálculo de cargas térmicas generará resultados con un margen de error mínimo, de tal manera que en el estudio se realizaron cálculos con método CLTD de forma manual y RTS con programas comerciales comprobando la hipótesis, teniendo diferencias porcentuales menores a 3%.

3. En las empresas atuneras se encuentran sistemas de climatización convencionales (centralizados o tipo Split) que no permiten operación de manera precisa o son muy ineficientes. Se demostró que mediante el diseño de un sistema elaborado con enfriador de agua, volumen de refrigerante variable, y un sistema recuperador de energía en ductos de ventilación es posible entregar condiciones de diseño confiables que permiten controlar el sistema por zonas manteniendo las condiciones de confort térmico con control independiente.
4. Fue demostrado que el uso de un sistema de flujo variable en primario con válvulas de dos vías es la mejor solución para el caso en que las cargas térmicas del sistema completo son variables durante el transcurso del día y el año; de tal manera que, si se requiere trabajar variando la cantidad de evaporadores encendidos, el caudal a través de los equipos se mantiene constante, generando ahorro energético y garantizando el bienestar térmico por zona.
5. El uso de un sistema recuperador de energía demostró que es posible lograr aumentar la eficiencia del sistema en general al tomar energía que sería desperdiciada al enviar aire previamente

climatizado a la intemperie por la necesidad de mantener una presión positiva baja dentro de la zona climatizada y que también se disminuye la dimensión de los equipos de climatización del sistema mejorando el coeficiente SEER al usar un sistema híbrido y como resultado final obtener la disminución del consumo energético para generar ahorros logrando pagar la inversión del equipo dentro de un plazo dependiente de las dimensiones generales del sistema.

6. Se recomienda el uso de programas pre-diseñados para el cálculo de cargas térmicas mediante el método RTS de tal manera que sea posible estudiar el cambio de las mismas durante el transcurso de las 24 horas del día ya que esto permitirá tener resultados confiables de manera rápida y facilitará el estudio de posibilidades de disminución de cargas en las zonas que se traducirán como un ahorro en inversión inicial y operación. En el caso del estudio se pudo evidenciar que disminuir el volumen de aire de las zonas a climatizar, aislando las cubiertas y/o paredes, y bloqueando agujeros que permitan que el aire climatizado se escape sin control son puntos esenciales que se deben considerar al momento de diseñar un sistema de climatización; esto se traducirá en ahorro de inversión inicial con equipos de menor capacidad y como resultado, ahorro en costo de operación.

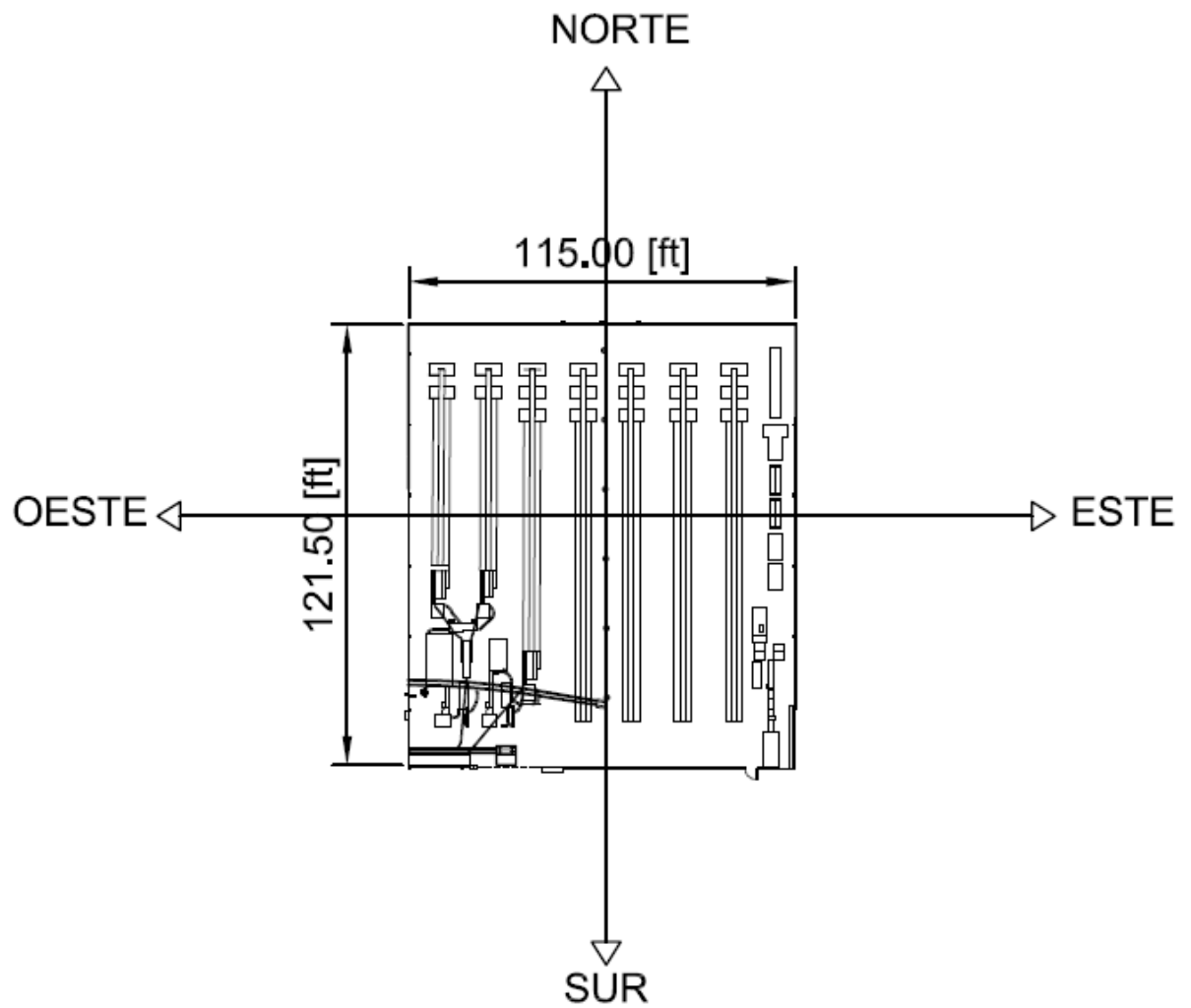
7. Luego de realizar el montaje y arranque de sistemas de climatización se recomienda que exista una etapa de prueba de equipos para garantizar que los resultados propuestos sean los entregados al final enfocándose en temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad del aire, ventilación y concentración de gases tóxicos en cada zona.
8. Un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de climatización es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de equipos evitando el deterioro de los mismos y asegurando que la eficiencia del sistema no disminuya sustancialmente al paso de las horas de trabajo.
9. Se recomienda el uso de programas pre-diseñados para el cálculo de cargas térmicas mediante el método RTS de tal manera que sea posible estudiar el cambio de las mismas durante el transcurso de las 24 horas del día ya que esto permitirá tener resultados confiables de manera rápida y facilitará el estudio de posibilidades de disminución de cargas en las zonas que se traducirán como un ahorro en inversión inicial y operación.

APÉNDICES

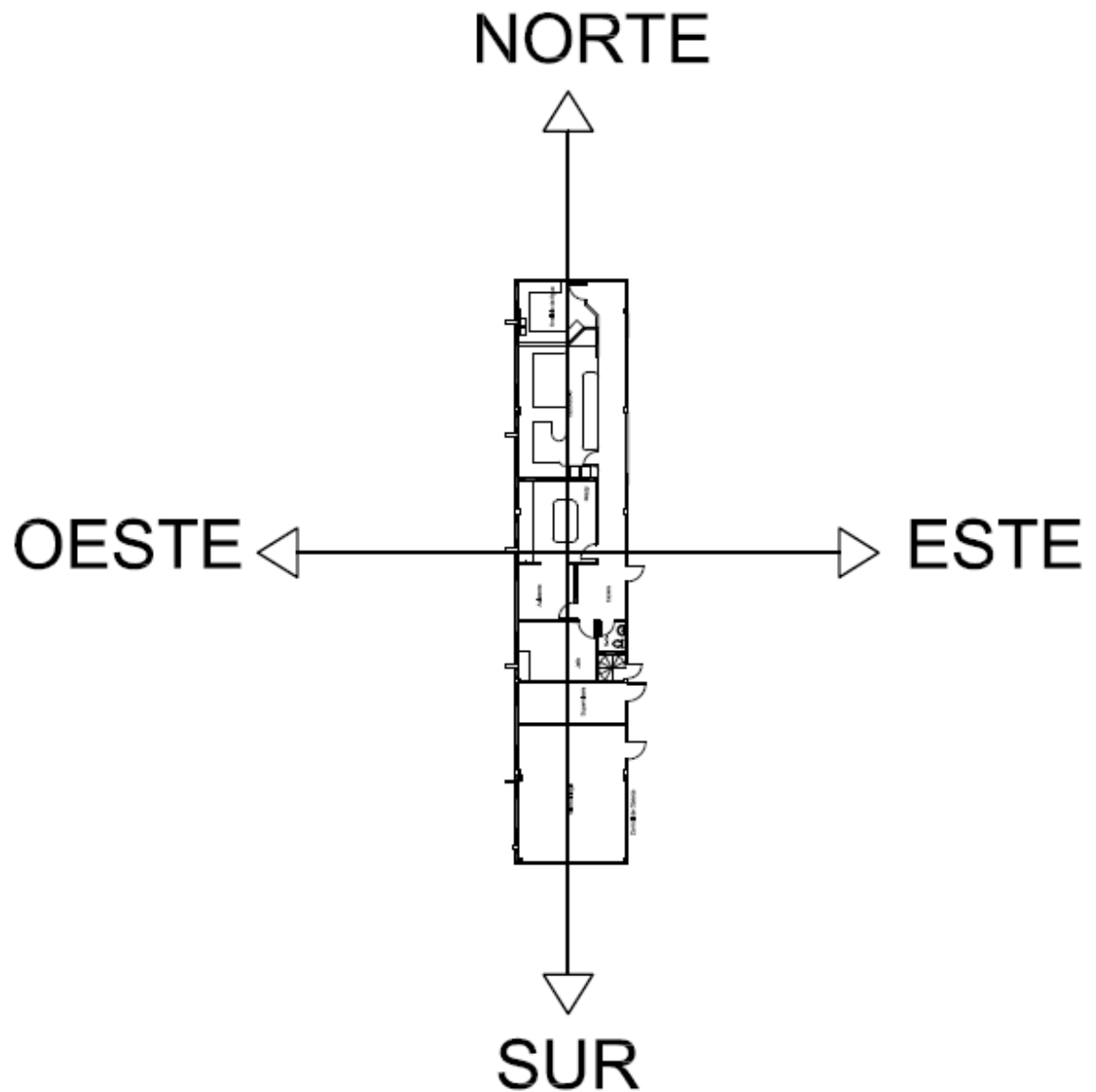
APÉNDICE 1

PLANOS DE ZONAS

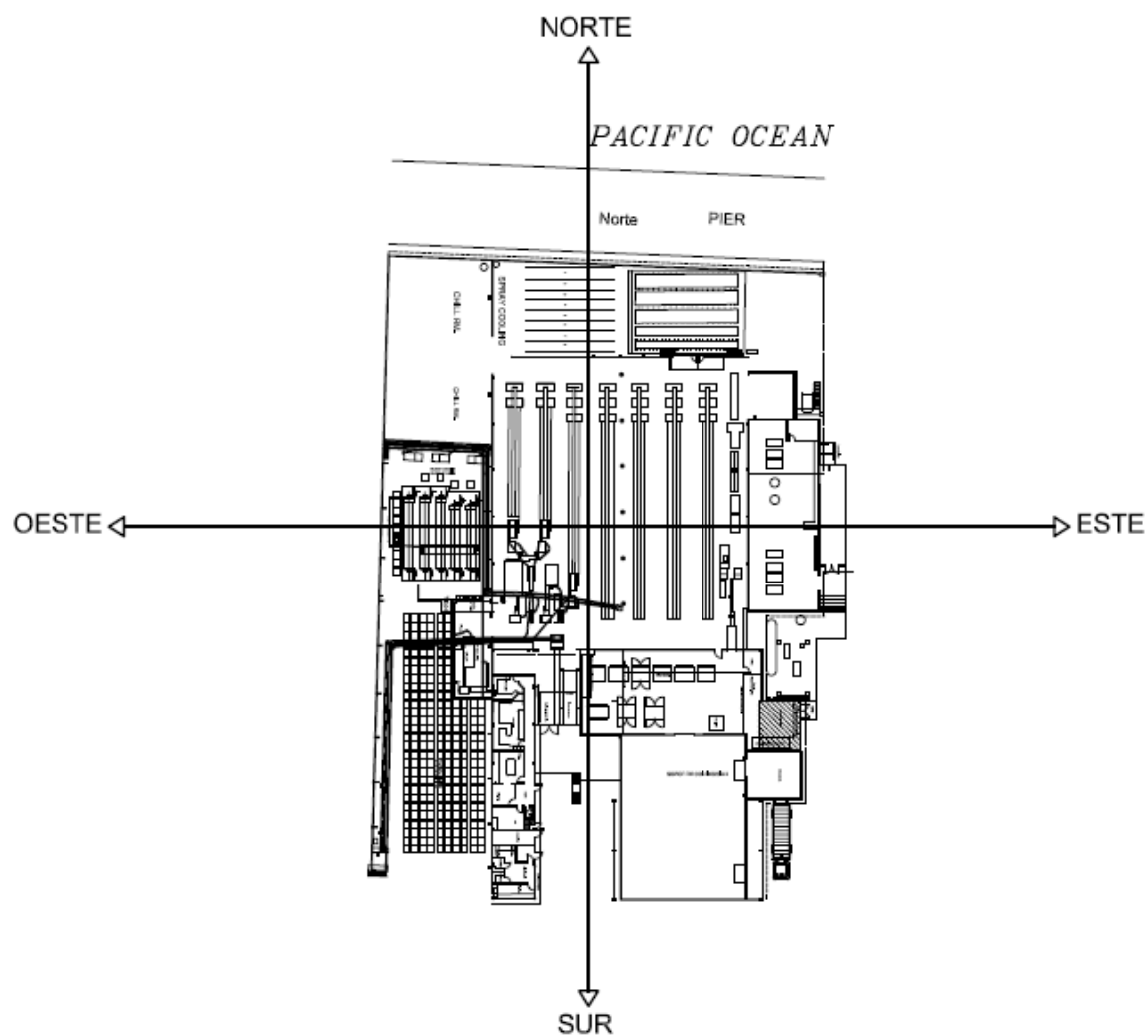
1.- PLANO 1: LAYOUT DE SALA DE PROCESO.



3.- PLANO 3: LAYOUT DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PLANTA BAJA Y LABORATORIOS.



4.- PLANO 4: LAYOUT DE IMPLANTACIÓN DE ÁREAS DE INTERÉS.



APÉNDICE 2

DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES ZONAS

1.- DESCRIPCIÓN DE VENTANAS Y PUERTAS.

VENTANAS Y PUERTAS							
ZONA	VIDRIO			MARCO			ORIENTACIÓN
	ÁREA [ft²]	TIPO	ESPESOR [in]	ÁREA [ft²]	MATERIAL	ESPESOR [in]	[-]
EXTERIORES							
OFICINAS							
ZONA 6	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	S
ZONA 9	41,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,83	ALUMINIO	1	S
ZONA 10	49,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,67	ALUMINIO	1	S
ZONA 11	12,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,17	ALUMINIO	1	S
ZONA 15	35,00	CLARO SIMPLE	1/4	2,00	ALUMINIO	1	E
ZONA 16	49,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,67	ALUMINIO	1	E
ZONA 18	21,00	CLARO SIMPLE	1/4	3,33	ALUMINIO	1	E
LABORATORIOS							
ZONA 19	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	E
ZONA 23	49,00	CLARO SIMPLE	1/4	2,33	ALUMINIO	1	E
INTERIORES							
PRODUCCIÓN							
ZONA 1	32,00	CLARO DOBLE	2 1/4	2,00	ALUMINIO	1	I
OFICINAS							
ZONA 2	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	2,17	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
ZONA 3	12,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,17	ALUMINIO	1	I
	33,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,50	ALUMINIO	1	I
	42,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,33	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
ZONA 4	12,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,17	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	42,00	CLARO SIMPLE	1/4	2,17	ALUMINIO	1	I
ZONA 5	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	72,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,33	ALUMINIO	1	I
ZONA 6	41,00	CLARO SIMPLE	1/4	9,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	41,00	CLARO SIMPLE	1/4	9,50	ALUMINIO	1	I
ZONA 9	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
ZONA 12	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
	33,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,50	ALUMINIO	1	I
ZONA 13	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
	33,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,50	ALUMINIO	1	I
	28,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I

ZONA 14	21,00	CLARO SIMPLE	1/4	7,00	ALUMINIO	1	I
	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
ZONA 15	33,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,50	ALUMINIO	1	I
	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
ZONA 16	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
	30,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,83	ALUMINIO	1	I
ZONA 17	41,00	CLARO SIMPLE	1/4	9,50	ALUMINIO	1	I
	24,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,00	ALUMINIO	1	I
ZONA 18	24,00	CLARO SIMPLE	1/4	4,00	ALUMINIO	1	I
LABORATORIOS							
ZONA 20	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	66,00	CLARO SIMPLE	1/4	3,83	ALUMINIO	1	I
ZONA 21	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	51,00	CLARO SIMPLE	1/4	5,17	ALUMINIO	1	I
ZONA 22	20,00	CLARO SIMPLE	1/4	1,50	ALUMINIO	1	I
	21,00	CLARO SIMPLE	1/4	7,00	ALUMINIO	1	I
ZONA 23	151,00	CLARO SIMPLE	1/4	14,33	ALUMINIO	1	I

2.- DESCRIPCIÓN DE OCUPANTES:

ZONA	CANT. PERSONAS [u]		Calor Latente/persona	Calor Sensible/persona
	MÁXIMO	MÍNIMO	[BTU/h-persona]	[BTU/h-persona]
PRODUCCIÓN				
ZONA 1	800	600	695	345
OFICINAS				
ZONA 2	25	10	190	230
ZONA 3	9	2	255	255
ZONA 4	4	1	190	230
ZONA 5	13	1	190	230
ZONA 6	7	1	255	255
ZONA 7	3	1	190	230
ZONA 8	3	0	255	255
ZONA 9	6	2	190	230
ZONA 10	12	2	255	255
ZONA 11	5	1	255	255
ZONA 12	13	2	255	255
ZONA 13	7	1	190	230
ZONA 14	7	3	190	230
ZONA 15	11	5	255	255
ZONA 16	8	0	140	210
ZONA 17	5	1	190	230
ZONA 18	8	2	190	230
LABORATORIOS				
ZONA 19	5	2	435	345
ZONA 20	11	5	435	345
ZONA 21	9	5	435	345
ZONA 22	4	2	435	345
ZONA 23	4	0	140	210

3.- DESCRIPCIÓN DE ALUMBRADO:

ZONA	CANT. LÁMPARAS		POTENCIA [WATTS]	
	TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR	TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR
PRODUCCIÓN				
ZONA 1	430	0	32	20
OFICINAS				
ZONA 2	8	0	32	20
ZONA 3	12	6	32	20
ZONA 4	6	0	32	20
ZONA 5	9	0	32	20
ZONA 6	6	0	32	20
ZONA 7	2	0	32	20
ZONA 8	4	0	32	20
ZONA 9	6	0	32	20
ZONA 10	6	0	32	20
ZONA 11	3	0	32	20
ZONA 12	24	0	32	20
ZONA 13	8	0	32	20
ZONA 14	4	0	32	20
ZONA 15	8	0	32	20
ZONA 16	4	9	32	20
ZONA 17	4	0	32	20
ZONA 18	4	0	32	20
LABORATORIOS				
ZONA 19	16	0	32	20
ZONA 20	10	0	32	20
ZONA 21	16	0	32	20
ZONA 22	4	0	32	20
ZONA 23	0	14	32	20

4.- EQUIPOS Y MOTORES DE SALA DE PROCESO:

ZONA	MÁQUINA	N° DE MÁQUINAS	PARTES	N° DE PARTES	MOTOR			N° MOTORES
		[u]		[u]	MARCA	POTENCIA [HP]	EFICIENCIA	[u]
PRODUCCIÓN								
ZONA 1	Mesa de limpieza	7	Transportador de banda	2	Baldor	3	0,89	1
	Llenadora Luthi	4	Llenadora	1	Sumitomo	7,5	0,91	1
	Dosificador de líquido	3	Bomba Dosificadora	2	Baldor	0,75	0,74	1
			Transportador de cordón	1	Baldor	0,75	0,84	1
	Cerradora FMC	3	Cerradora	1	Electramo	11	0,917	1
	Lavadoras de Lata	3	Bomba de lavadora	3	Baldor	2	0,74	1
			Transportador de banda	1	Baldor	0,75	0,84	1
	Termo - encogido	1	Bomba de vacío	1	Lincoln	3	0,91	1
			Transportador de Banda	3	Lincoln	1	0,87	1
			Transporador de cordón	2	Lincoln	7,5	0,91	1

5.- EQUIPOS DE INFORMÁTICA:

ZONA	CANT. EQUIPOS [u]							GANANCIA POR EQUIPOS [BTU/h]							TIEMPO DE USO	HORA DE INICIO
	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS	[h]	xxHxx
OFICINAS																
ZONA 2	0	1	0	0	0	1	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 3	2	0	1	0	0	0	2	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 4	0	1	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 5	0	2	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 6	0	1	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 7	0	1	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 8	8	0	0	0	0	0	4	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 9	2	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 10	2	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 11	1	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 12	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 13	0	2	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 14	3	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 15	5	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 17	1	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
ZONA 18	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00
LABORATORIOS																
ZONA 19	1	0	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00
ZONA 20	0	2	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00
ZONA 21	1	0	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00
ZONA 22	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00

6.- EQUIPOS VARIOS DE SALA DE PROCESO Y LABORATORIOS:

ZONA	EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	POTENCIA	FACTOR DE USO
			[u]	[W]	
ZONA 1	Reservorio calentador de agua		3	5500	1,00
	Reservorio calentador de agua		1	3500	1,00
LABORATORIOS					
ZONA 19	Baño María	Mermmet	1	1200	0,80
	Autoclave	25XL	2	1050	0,50
	Estufa	VWR by Sheldon MFG	2	840	0,50
	Estufa	VWR Scientific Products	1	800	0,50
	Central de Contaminación	C4	1	246	0,80
	Congelador	Durex	2	559,5	0,70
	Estufa	Mermmet U15	1	1400	0,50
	Estufa	Mermmet SFE500	1	2000	0,50
	Equipos Varios		1	100	0,50
ZONA 20	Congelador	Durex	1	800	0,80
	Estufa de Presión		1	150	0,80
	Calentador	IMACO	1	900	0,80
	Abridor de latas	Inoxidable	3	144	0,50
ZONA 21	Agitador	Heidolf	1	115	0,40
	Fluorómetro	Quanteh	1	75	0,90
	Fluorómetro	Tuner	1	60	0,80
	Purificador de aire		1	300	1,00
	Clorómetro	Lobconco	1	30	0,50
	Refrigerador	Mabe	1	300	0,70
	Balanzas/Estufas	Mettler Toledo	1	300	0,80
	Estufas	VWR	2	1080	0,75
	Congelador	Durex	1	500	0,70
	Microondas	Amanda	1	1700	0,40
	Equipos Varios		1	250	0,70
ZONA 22	Calentador de Agua		1	1000	0,30

7.- HORARIOS DE TRABAJO Y FRECUENCIA DE OPERACIÓN EN ZONAS A CLIMATIZAR

			JORNADA MATUTINA		JORNADA VESPERTINA	
		FRECUENCIA DE OPERACIÓN SEMANAL	INGRESO	SALIDA	INGRESO	SALIDA
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	Sala de Proceso	6	07:00	15:30	16:00	01:00
OFICINAS						
ZONA 2	Sala de Operaciones	5	08:00	21:00		
ZONA 3	Mantenimiento Preventivo	6	07:00	18:00		
ZONA 4	Jefe de Mantenimiento Preventivo	6	07:00	18:00		
ZONA 5	Directora de Operaciones	5	07:00	18:00		
ZONA 6	Proyectos	5	07:00	18:00		
ZONA 7	Investigación y Desarrollo	5	07:00	18:00		
ZONA 8	Cuarto de Sistemas	5	07:00	18:00		
ZONA 9	Asistentes de Directora de Operaciones Administrativas	5	07:00	18:00		
ZONA 10	Asistentes de Directora de Operaciones para Proceso	6	07:00	18:00		
ZONA 11	Supervisores Generales de Packing	6	07:00	15:30	16:00	01:00
ZONA 12	Supervisores de ISO 22000	5	07:00	18:00		
ZONA 13	Gerente de Aseguariento de Calidad	5	07:00	18:00		
ZONA 14	Sanidad	6	07:00	18:00		
ZONA 15	Documentación	5	07:00	18:00		
ZONA 16	Pasillo y sala de espera de Oficinas	5	07:00	18:00		
ZONA 17	Jefe de Aseguramiento de Calidad	5	07:00	15:30	16:00	01:00
ZONA 18	Supervisores de Aseguramiento de Calidad	5	07:00	15:30	16:00	01:00
LABORATORIOS						
ZONA 19	Microbiología	6	07:00	15:30		
ZONA 20	Grading (Calificación)	6	07:00	15:30	16:00	01:00
ZONA 21	Análisis Químico	6	07:00	15:30	16:00	01:00
ZONA 22	Análisis de Agua	6	07:00	15:30	16:00	01:00
ZONA 23	Pasillo y sala de espera de Laboratorios	6	07:00	15:30	16:00	01:00

APÉNDICE 3

REQUERIMIENTOS POR NORMAS

1.- Zona de confort para invierno y verano.

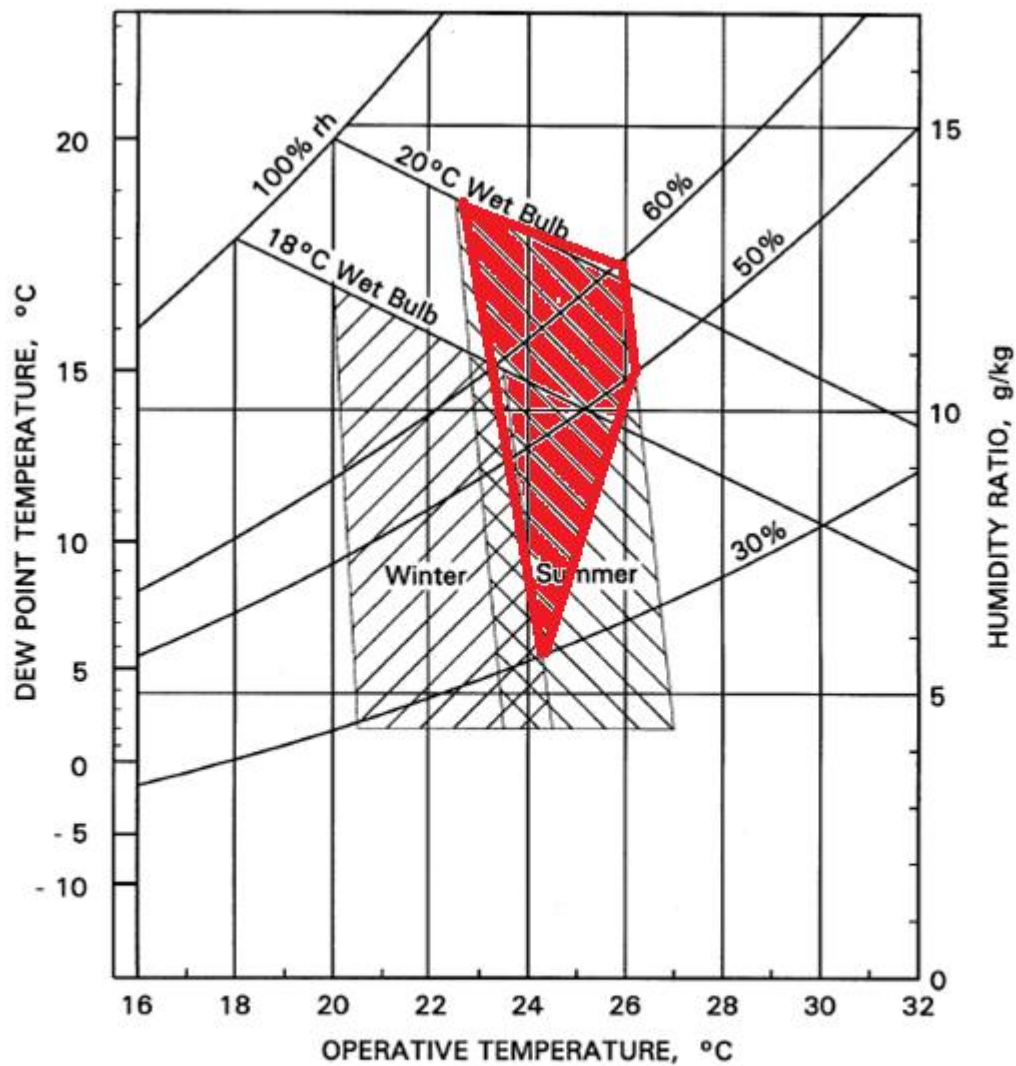


Fig. 5 ASHRAE Summer and Winter Comfort Zones
(Acceptable ranges of operative temperature and humidity for people in typical summer and winter clothing during primarily sedentary activity.)

Fuente: ASHRAE, "ASHRAE Handbook Fundamentals", 2001, Capítulo 8, Página 8.12

2.- Velocidad de confort del aire dependiente de la actividad física

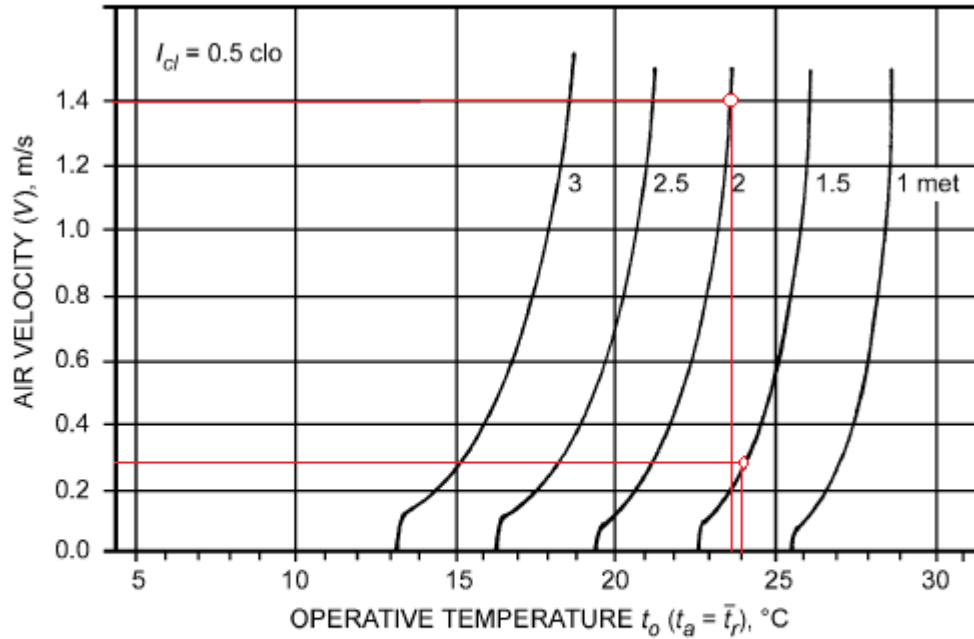


Fig. 11 Air Velocities and Operative Temperatures at 50% rh Necessary for Comfort ($PMV = 0$) of Persons in Summer Clothing at Various Levels of Activity

Fuente: ASHRAE, "ASHRAE Handbook Fundamentals", 2001, Capítulo 8, Página 8.16

APÉNDICE 4

CONCENTRACIONES DE GASES PERMITIDAS POR DIFERENTES ESTÁNDARES

Table 4 Comparison of Standards Pertinent to Indoor Environments

	Canadian	WHO/Europe	NAAQS/EPA ^f	NIOSH REL	OSHA	ACGIH	MAK ^g
Aldehydes							
Acrolein	0.02 ppm ^a			0.1 ppm 0.25 ppm (15 min)	0.1 ppm 0.3 ppm (15 min)	0.1 ppm 0.3 ppm (15 min)	0.1 ppm 0.2 ppm (15 min)
Acetaldehyde	5.0 ppm			ALARA ^b	100 ppm 150 ppm (15 min)	100 ppm 150 ppm (15 min)	50 ppm
Formaldehyde	0.1 ppm ^c	0.081 ppm		0.016 ppm 0.1 ppm (15 min)	0.75 ppm 2 ppm (15 min)	0.3 ppm	0.3 ppm
Carbon dioxide	3500 ppm			5000 ppm 30,000 ppm (15 min)	10,000 ppm 30,000 ppm (15 min)	5000 ppm 9000 ppm (15 min)	5000 ppm 9000 ppm (15 min)
Carbon monoxide	11 ppm (8 h) 25 ppm (1 h)	8.6 ppm (8 h) 25 ppm (1 h) 51 ppm (30 min) 86 ppm (15 min)	9 ppm (8 h) 35 ppm (1 h)	35 ppm (8 h) 200 ppm (15 min)	35 ppm (8 h) 200 ppm (15 min)	25 ppm (8 h)	30 ppm
Nitrogen dioxide	0.05 ppm 0.25 ppm (1 h)	0.08 ppm (24 h) 0.2 ppm (1 h)	0.053 ppm (1 yr)		1 ppm (15 min)	3 ppm 5 ppm (15 min)	5 ppm
Ozone	0.12 ppm (1 h) no long-term level	0.08 ppm (8 h) 0.1 ppm (1 h)	0.12 ppm (1 h) 0.085 ppm (8 h)	0.1 ppm (15 min)	0.1 ppm (8 h) 0.3 ppm (15 min)	0.05 ppm (8 h) 0.2 ppm (15 min)	0.1 ppm
Particulate < 2.5 MMAD ^d	40 µg/m ³ (8 h) 100 µg/m ³ (1 h)		50 g/m ³ (1 yr)		5 mg/m ³ (8 h) (respirable dust)	3 mg/m ³ (8 h) (no asbestos, <1% crystalline silica)	
Sulfur dioxide	0.019 ppm 0.38 ppm (5 min)			2 ppm (8 h) 5 ppm (15 min)	2 ppm (8 h) 5 ppm (15 min)	2 ppm (8 h) 5 ppm (15 min)	2 ppm
Radon	800 Bq/m ^{3e}						
Relative humidity	30-80% (summer) 30-55% (winter)						

() Numbers in parentheses represent averaging periods

^aParts per million (10⁶)

^bAs low as reasonably achievable

^cTarget level of 0.05 ppm because of its carcinogenic effects

^dMass median aerodynamic diameter

^eMean in normal living areas

^fU.S. EPA National Ambient Air Quality Standards

^gGerman Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen

Fuente: ASHRAE, "ASHRAE Handbook Fundamentals", 2001, Capítulo 9, Página 9.9

APÉNDICE 5

REQUERIMIENTO DE AIRE EXTERIOR PARA VENTILACIÓN

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values		Air Class	
	cfm/person	L/s-person	cfm/ft ²	L/s-m ²		Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person L/s-person		
Correctional Facilities									
Cell	5	2.5	0.12	0.6		25	10	4.9	2
Dayroom	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Guard stations	5	2.5	0.06	0.3		15	9	4.5	1
Booking/waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		50	9	4.4	2
Educational Facilities									
Daycare (through age 4)	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Daycare sickroom	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	3
Classrooms (ages 5–8)	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Classrooms (age 9 plus)	10	5	0.12	0.6		35	13	6.7	1
Lecture classroom	7.5	3.8	0.06	0.3		65	8	4.3	1
Lecture hall (fixed seats)	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
Art classroom	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Science laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
University/college laboratories	10	5	0.18	0.9		25	17	8.6	2
Wood/metal shop	10	5	0.18	0.9		20	19	9.5	2
Computer lab	10	5	0.12	0.6		25	15	7.4	1
Media center	10	5	0.12	0.6	A	25	15	7.4	1
Musiotheater/dance	10	5	0.06	0.3		35	12	5.9	1
Multi-use assembly	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Food and Beverage Service									
Restaurant dining rooms	7.5	3.8	0.18	0.9		70	10	5.1	2
Cafeteria/fast-food dining	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
Bars, cocktail lounges	7.5	3.8	0.18	0.9		100	9	4.7	2
General									
Break rooms	5	2.5	0.06	0.3		25	10	5.1	1
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3		20	11	5.5	1
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Corridors	—	—	0.06	0.3		—			1
Storage rooms	—	—	0.12	0.6	B	—			1
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories									
Bedroom/living room	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4.0	1
Laundry rooms, central	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	2
Laundry rooms within dwelling units	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1
Multipurpose assembly	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE *(continued)*
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
	cfm/person	L/s-person	cfm/ft ²	L/s-m ²		#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person	L/s-person	
Office Buildings									
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Miscellaneous Spaces									
Bank vaults/safe deposit	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	2
Computer (not printing)	5	2.5	0.06	0.3		4	20	10.0	1
Electrical equipment rooms	—	—	0.06	0.3	B	—			1
Elevator machine rooms	—	—	0.12	0.6	B	—			1
Pharmacy (prep. area)	5	2.5	0.18	0.9		10	23	11.5	2
Photo studios	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Shipping/receiving	—	—	0.12	0.6	B	—			1
Telephone closets	—	—	0.00	0.0		—			1
Transportation waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Warehouses	—	—	0.06	0.3	B	—			2
Public Assembly Spaces									
Auditorium seating area	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Places of religious worship	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1
Courtrooms	5	2.5	0.06	0.3		70	6	2.9	1
Legislative chambers	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1
Libraries	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Lobbies	5	2.5	0.06	0.3		150	5	2.7	1
Museums (children's)	7.5	3.8	0.12	0.6		40	11	5.3	1
Museums/galleries	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Residential									
Dwelling unit	5	2.5	0.06	0.3	F,G	F			1
Common corridors	—	—	0.06	0.3					1
Retail									
Sales (except as below)	7.5	3.8	0.12	0.6		15	16	7.8	2
Mall common areas	7.5	3.8	0.06	0.3		40	9	4.6	1
Barbershop	7.5	3.8	0.06	0.3		25	10	5.0	2
Beauty and nail salons	20	10	0.12	0.6		25	25	12.4	2
Pet shops (animal areas)	7.5	3.8	0.18	0.9		10	26	12.8	2
Supermarket	7.5	3.8	0.06	0.3		8	15	7.6	1
Coin-operated laundries	7.5	3.8	0.06	0.3		20	11	5.3	2

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE *(continued)*
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
						Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
	cfm/person	L/s-person	cfm/ft ²	L/s-m ²		#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person	L/s-person	
Sports and Entertainment									
Sports arena (play area)	—	—	0.30	1.5	E	—			1
Gym, stadium (play area)	—	—	0.30	1.5		30			2
Spectator areas	7.5	3.8	0.06	0.3		150	8	4.0	1
Swimming (pool & deck)	—	—	0.48	2.4	C	—			2
Disco/dance floors	20	10	0.06	0.3		100	21	10.3	1
Health club/aerobics room	20	10	0.06	0.3		40	22	10.8	2
Health club/weight rooms	20	10	0.06	0.3		10	26	13.0	2
Bowling alley (seating)	10	5	0.12	0.6		40	13	6.5	1
Gambling casinos	7.5	3.8	0.18	0.9		120	9	4.6	1
Game arcades	7.5	3.8	0.18	0.9		20	17	8.3	1
Stages, studios	10	5	0.06	0.3	D	70	11	5.4	1

GENERAL NOTES FOR TABLE 6-1

- Related requirements:** The rules in this table are based on all other applicable requirements of this standard being met.
- Smoking:** This table applies to non-smoking areas. Rules for smoking-permitted spaces must be determined using other methods. See Section 6.2.9 for ventilation requirements in smoking areas.
- Air density:** Volumetric airflow rates are based on an air density of 0.075 lb_m/ft³ (1.2 kg_m/m³), which corresponds to dry air at a barometric pressure of 1 atm (101.3 kPa) and an air temperature of 70°F (21°C). Rates may be adjusted for actual density but such adjustment is not required for compliance with this standard.
- Default occupant density:** The default occupant density shall be used when actual occupant density is not known.
- Default combined outdoor air rate (per person):** That rate is based on the default occupant density.
- Unlisted occupancies:** If the occupancy category for a proposed space or zone is not listed, the requirements for the listed occupancy category that is most similar in terms of occupant density, activities and building construction shall be used.
- Health-care facilities:** Rates shall be determined in accordance with Appendix B.

ITEM-SPECIFIC NOTES FOR TABLE 6-1

- For high school and college libraries, use values shown for Public Assembly Spaces—Libraries.
- Rate may not be sufficient when stored materials include those having potentially harmful emissions.
- Rate does not allow for humidity control. Additional ventilation or dehumidification may be required to remove moisture.
- Rate does not include special exhaust for stage effects, e.g., dry ice vapors, smoke.
- When combustion equipment is intended to be used on the playing surface, additional dilution ventilation and/or source control shall be provided.
- Default occupancy for dwelling units shall be two persons for studio and one-bedroom units, with one additional person for each additional bedroom.
- Air from one residential dwelling shall not be recirculated or transferred to any other space outside of that dwelling.

Fuente: ASHRAE STANDARD 62.1, “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”,
2007, Página 13

APÉNDICE 6

DIMENSIONES DE ZONAS A CLIMATIZAR

ZONA	LARGO	ANCHO	ÁREA	ÁREA ADICIONAL	ÁREA NO CLIMATIZADA	ÁREA A CLIMATIZAR	ALTURA (DE SUELO A CIELO FALSO)	VOLUMEN
	[ft]	[ft]	[ft²]	[ft²]	[ft²]	[ft²]	[ft]	[ft³]
PRODUCCIÓN								
ZONA 1	120,85	110,21	13319,72	88,67	0,00	13408,39	22,99	308238,91
OFICINAS								
ZONA 2	14,78	19,21	283,92	0,00	0,00	283,92	8,37	2377,64
ZONA 3	15,27	11,49	175,53	60,67	0,00	236,19	8,37	1977,98
ZONA 4	9,85	12,32	121,33	1,35	0,00	122,68	8,37	1027,38
ZONA 5	17,57	14,78	259,65	0,00	0,00	259,65	8,37	2174,43
ZONA 6	13,30	11,17	148,51	0,00	0,00	148,51	8,37	1243,69
ZONA 7	6,57	11,49	75,50	0,00	0,00	75,50	8,37	632,23
ZONA 8	3,28	11,49	37,75	10,79	0,00	48,53	8,37	406,43
ZONA 9	14,78	10,02	148,03	0,00	0,00	148,03	8,37	1239,63
ZONA 10	9,85	14,78	145,60	0,00	0,00	145,60	8,37	1219,30
ZONA 11	9,85	11,40	112,27	16,18	0,00	128,45	8,37	1075,70
ZONA 12	15,11	13,46	203,41	101,70	0,00	305,11	8,37	2555,12
ZONA 13	14,12	13,46	190,14	0,00	0,00	190,14	8,37	1592,32
ZONA 14	14,12	9,52	134,49	0,00	0,00	134,49	8,37	1126,28
ZONA 15	14,12	9,52	134,49	0,00	0,00	134,49	8,37	1126,28
ZONA 16	49,26	13,14	647,11	0,00	0,00	647,11	7,55	4887,84
ZONA 17	9,85	13,14	129,42	0,00	0,00	129,42	8,21	1062,57
ZONA 18	6,57	18,06	118,64	0,00	0,00	118,64	8,21	974,03
LABORATORIOS								
ZONA 19	16,09	18,06	290,66	0,00	0,00	290,66	8,21	2386,37
ZONA 20	13,46	13,14	176,88	97,07	0,00	273,94	8,21	2249,12
ZONA 21	24,79	13,14	325,71	0,00	0,00	325,71	8,21	2674,15
ZONA 22	10,18	13,14	133,74	1,35	0,00	135,08	8,21	1109,06
ZONA 23	55,83	4,93	275,02	21,57	0,00	296,59	8,21	2435,07

APÉNDICE 7

MES	TEMPERATURA DB AMBIENTE				TEMPERATURA WB AMBIENTE		
	Tmax [°F]	Tmin [°F]	MDR [°F]	HR [%]	Tmax [°F]	Tmin [°F]	MDR [°F]
ENERO	87,80	75,20	12,60	80	82,40	70,60	11,80
FEBRERO	89,42	73,40	16,02	82	84,60	69,30	15,30
MARZO	89,96	73,40	16,56	94	88,40	72,10	16,30
ABRIL	91,94	76,64	15,30	80	86,40	71,90	14,50
MAYO	91,94	76,82	15,12	73	84,20	70,30	13,90
JUNIO	92,84	73,58	19,26	77	86,30	68,30	18,00
JULIO	91,94	75,20	16,74	77	85,50	69,90	15,60
AGOSTO	88,16	69,80	18,36	77	81,90	64,80	17,10
SEPTIEMBRE	86,54	68,00	18,54	77	80,40	63,10	17,30
OCTUBRE	87,44	68,00	19,44	76	81,00	62,90	18,10
NOVIEMBRE	86,72	66,74	19,98	78	80,90	62,20	18,70
DICIEMBRE	90,68	73,22	17,46	73	83,10	67,00	16,10

Fuente: INAMHI, “Anuario Meteorológico”, <http://www.inamhi.gob.ec>

APÉNDICE 8

CARACTERÍSTICAS DE VIDRIOS

Table 3.18 Shading Coefficients for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades

	Type of Glass	Nominal Thickness Each Light ^a	Solar Trans. ^b	No Interior Shading		Type of Interior Shading				
						Venetian Blinds		Roller Shades		
						Medium	Light	Opaque		Translucent
								Dark	Light	Light
	Single			$h_o = 4.0$	$h_o = 3.0$					
	Clear	3/32 to 1/4	0.87-0.80	1.00	1.00					
SINGLE GLASS	Clear	1/4 to 1/2	0.80-0.71	0.94	0.95	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Clear	3/8	0.72	0.90	0.92					
	Clear	1/2	0.67	0.87	0.88					
	Clear Pattern	1/8 to 9/32	0.87-0.79	0.83	0.85					
	Heat Absorbing Pattern	1/8		0.83	0.85	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Heat Absorbing ^c	3/16 to 1/4	0.46	0.69	0.73					
	Heat Absorbing Pattern	3/16 to 1/4		0.69	0.73					
	Tinted	1/8 to 7/32	0.59-0.45	0.69	0.73					
	Heat Absorbing or Pattern		0.44-0.30	0.60	0.64	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Heat Absorbing ^c	3/8	0.34	0.60	0.64					
	Heat Absorbing or Pattern	1/2	0.44-0.30	0.53	0.58					
	Reflective Coated Glass			0.30						
				0.40		0.25	0.23			
				0.50		0.33	0.29			
				0.60		0.42	0.38			
						0.50	0.44			

Fuente: ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980, Capítulo 3, Página 3.31

Table 3.25 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/(hr · ft²) for Sunlit Glass, North Latitudes

0 Deg											16 Deg										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
Jan.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Apr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	Apr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
June	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
July	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Aug.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sep.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	Sep.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dec.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

Fuente: ASHRAE, "Cooling and Heating Load Calculation Manual", 1980, Capítulo 3, Página 3.35

Table 3.27 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes

Fenestration Facing		Room Construction	Solar Time, hr.																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.79	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20	
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.74	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27	
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.40	0.39	0.33	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06	
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16		
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16	
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16	
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21			

APÉNDICE 9

CARACTERÍSTICAS DE TECHOS

Table 3.8 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Flat Roofs

Roof No	Description of Construction	Weight lb/ft ²	U-value Btu/(h ft ² °F)	Solar Time, hr																								Hour of Day	Maxi- mum	Mini- mum	Maxi- mum	Differ- ence	Heat Capacity Btu/(ft ² °F)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Without Suspended Ceiling																																	
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	79	84	2.13	
2	1-in. wood with 1-in. insulation	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9	16	-3	74	77	3.73	
3	4-in. l.w. concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76	4.45	
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29 (0.122)	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68	6.57	
5	1-in. wood with 2-in. insulation	19	0.169	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71	3.83	
6	6-in. l.w. concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	54	63	5.79	
7	2.5-in. wood with 1-insulation	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	19	6	56	50	6.51	
8	8-in. l.w. concrete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47	7.13	
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	52 (0.120)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30	18	8	53	45	11.21	
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43	6.61	
11	Roof terrace system	(75)	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33	15.98	
12	6-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	75 (0.117)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31	15.89	
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27	9.27	
With Suspended Ceiling																																	
1	Steel Sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	-4	78	82	2.50	
2	1-in. wood with 1-in. insulation	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60	4.11	
3	4-in. l.w. concrete	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65	4.83	
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. insulation	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	18	13	47	34	6.94	
5	1-in. wood with 2-in. insulation	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	18	5	57	52	4.21	
6	6-in. l.w. concrete	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37	20	7	54	47	6.17	
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29	6.89	
8	8-in. l.w. concrete	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42	21	14	46	32	7.51	
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33	19	20	38	18	11.58	
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23	6.98	
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	22	22	33	11	16.36	
12	6-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13	16.26	
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16	9.64	

Fuente: ASHRAE, Cooling and Heating Loads Calculation Manual, 1980, Capítulo 3,
Página 3.19

APÉNDICE 10

CARACTERÍSTICAS PAREDES EXTERIORES

4-in. Face Brick+(Brick)						
C	Air Space+4-in. Face Brick	83	0.358	18.3		A0, A2, B1, A2, E0
D	4-in. Common Brick	90	0.415	18.4		A0, A2, C4, E1, E0
C	1-in. Insulation or Air space+4-in. Common Brick	90	0.174-0.301	18.4		A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. Common Brick	88	0.111	18.5		A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8-in. Common Brick	130	0.302	26.4		A0, A2, C9, E1, E0
A	Insulation or Air space+8-in. Common Brick	130	0.154-0.243	26.4		A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0
4-in. Face Brick+(H. W. Concrete)						
C	Air Space+2-in. Concrete	94	0.350	19.7		A0, A2, B1, C5, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. concrete	97	0.116	19.8		A0, A2, B3, C5, E1, E0
A	Air Space or Insulation+8-in. or more Concrete	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4		A0, A2, B1, C10/11, E1, E0
4-in. Face Brick+(L. W. or H. W. Concrete Block)						
E	4-in. Block	62	0.319	12.9		A0, A2, C2, E1, E0
D	Air Space or Insulation+4-in. Block	62	0.153-0.246	12.9		A0, A2, C2, B1/B2, E1, E0
B	8-in. Block	70	0.274	15.1		A0, A2, C7, A6, E0
C	Air Space or 1-in. Insulation+6-in. or 8-in. Block	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5		A0, A2, B1, C7/C8, E1, E0
B	2-in. Insulation+8-in. Block	89	0.096-0.107	15.5-18.6		A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
4-in Face Brick+(Clay Tile)						
D	4-in. Tile	71	0.381	15.1		A0, A2, C1, E1, E0
D	Air Space+4-in. Tile	71	0.281	15.1		A0, A2, C1, B1, E1, E0
C	Insulation+4-in. Tile	71	0.169	15.1		A0, A2, C1, B2, E1, E0
C	8-in. Tile	96	0.275	19.7		A0, A2, C6, E1, E0
B	Air Space or 1-in. Insulation+8-in. Tile	96	0.142-0.221	19.7		A0, A2, C6, B1/B2, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Tile	97	0.097	19.8		A0, A2, B3, C6, E1, E0
H.W. Concrete Wall+(Finish)						
E	4-in. Concrete	63	0.585	12.5		A0, A1, C5, E1, E0
D	4-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	63	0.119-0.200	12.5		A0, A1, C5, B2/B3, E1, E0
C	2-in. Insulation+4-in. Concrete	63	0.119	12.7		A0, A1, B6, C5, E1, E0
C	8-in. Concrete	109	0.490	21.9		A0, A1, C10, E1, E0
B	8-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	110	0.115-0.187	22.0		A0, A1, C10, B5/B6, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Concrete	110	0.115	21.9		A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12-in. Concrete	156	0.421	31.2		A0, A1, C11, E1, E0
A	12-in. Concrete+Insulation	156	0.113	31.3		A0, C11, B6, A6, E0
L.W. and H.W. Concrete Block+(Finish)						
F	4-in. Block+Air Space/Insulation	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2		A0, A1, C2, B1/B2, E1, E0
E	2-in. Insulation+4-in. Block	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3		A0, A1, B1, C2/C3, E1, E0
E	8-in. Block	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3		A0, A1, C7/C8, E1, E0
D	8-in. Block+Air Space/Insulation	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3		A0, A1, C7/C8, B2, E1, E0
Clay Tile+(Finish)						
F	4-in. Tile	39	0.419	7.8		A0, A1, C1, E1, E0
F	4-in. Tile+Air space	39	0.303	7.8		A0, A1, C1, B1, E1, E0
E	4-in. Tile+1-in. Insulation	39	0.175	7.9		A0, A1, C1, B2, E1, E0
D	2-in. Insulation+4-in. Tile	40	0.110	7.9		A0, A1, B3, C1, E1, E0
D	8-in. Tile	63	0.296	12.5		A0, A1, C6, E1, E0
C	8-in. Tile+Air Space/1-in. Insulation	63	0.151-0.231	12.6		A0, A1, C6, B1/B2, E1, E0
B	2-in. Insulation+8-in. Tile	63	0.099	12.6		A0, A1, B3, C6, E1, E0
Metal Curtain Wall						
G	With/without Air Space+1-in./2-in./3-in. Insulation	5-6	0.091-0.230	0.7		A0, A3, B5/B6/B12, A3, E0
Frame Wall						
G	1-in. to 3-in. Insulation	16	0.081-0.178	3.2		A0, A1, B1, B2/B3/B4, E1, E0

Fuente: ASHRAE, "Cooling and Heating Loads Calculation Manual", 1980, Capítulo 3, Página 3.20

APÉNDICE 11

CARGAS TÉRMICAS DE PERSONAS SEGÚN ACTIVIDAD FÍSICA

Table 4.5 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces ^a

Degree of Activity	Typical Application	ADULT MALE		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b	
		W/person	+ Q _l /person Btu/h	W/person	+ Q _l /person Btu/h	W/person	+ Q _l /person Btu/h	W/person	+ Q _l /person Btu/h
Seated at rest	Theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light work writing	Offices, hotels, apts	140	480	120	420	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant ^c	150	520	170	580	75	265	65	235
Seated, light work, typing	Offices, hotels, apts	185	640	150	510	75	255	75	255
Standing, light work or walking slowly	Retail Store, bank	235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	Factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light machine work	Factory	305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling ^d	Bowling alley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate dancing	Dance hall	400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	Factory	470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	Gymnasium	585	2000	525	1800	185	635	340	1165

Fuente: ASHRAE, "Cooling and Heating Loads Calculation Manual", 1980, Capítulo 4, Página 4.5

APÉNDICE 12

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS VARIOS

Table 5 Recommended Rates of Heat Gain From Typical Commercial Cooking Appliances

Appliance	Size	Energy Rate, W		Recommended Rate of Heat Gain, ^a W			
		Rated	Standby	Sensible	Latent	Total	With Hood Sensible
Electric, No Hood Required							
Barbecue (pit), per kilogram of food capacity	36 to 136 kg	88	—	57	31	88	27
Barbecue (pressure-cooked) per kilogram of food capacity	20 kg	210	—	71	35	106	33
Blender, per litre of capacity	1.0 to 3.8 L	480	—	310	160	470	150
Braising pan, per litre of capacity	102 to 133 L	110	—	55	29	84	40
Cabinet (large hot holding)	0.46 to 0.49 m ³	2080	—	180	100	280	85
Cabinet (large hot serving)	1.06 to 1.15 m ³	2000	—	180	90	270	82
Cabinet (large proofing)	0.45 to 0.48 m ³	2030	—	180	90	270	82
Cabinet (small hot holding)	0.09 to 0.18 m ³	900	—	80	40	120	37
Cabinet (very hot holding)	0.49 m ³	6150	—	550	280	830	250
Can opener	—	170	—	170	—	170	0
Coffee brewer	12 cup/2 litres	1660	—	1100	560	1660	530
Coffee heater, per boiling burner	1 to 2 litres	670	—	440	230	670	210
Coffee heater, per warming burner	1 to 2 litres	100	—	66	34	100	32
Coffee/hot water boiling urn, per litre of capacity	11 L	120	—	79	41	120	38
Coffee brewing urn (large), per litre of capacity	22 to 38 L	660	—	440	220	660	210
Coffee brewing urn (small), per litre of capacity	10 L	420	—	280	140	420	130
Cutter (large)	460 mm bowl	750	—	750	—	750	0
Cutter (small)	360 mm bowl	370	—	370	—	370	0
Cutter and mixer (large)	28 to 45 L	3730	—	3730	—	3730	0
Dishwasher (hood type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	380	—	50	110	160	50
Dishwasher (hood type, water sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	380	—	56	123	179	56
Dishwasher (conveyor type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	41	97	138	44
Dishwasher (conveyor type, water sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	340	—	44	108	152	50
Display case (refrigerated), per cubic metre of interior	0.17 to 1.9 m ³	1590	—	640	0	640	0
Dough roller (large)	2 rollers	1610	—	1610	—	1610	0
Dough roller (small)	1 roller	460	—	460	—	460	0
Egg cooker	12 eggs	1800	—	850	570	1420	460
Food processor	2.3 L	520	—	520	—	520	0
Food warmer (infrared bulb), per lamp	1 to 6 bulbs	250	—	250	—	250	250
Food warmer (shelf type), per square metre of surface	0.28 to 0.84 m ²	2930	—	2330	600	2930	820
Food warmer (infrared tube), per metre of length	1.0 to 2.1 m	950	—	950	—	950	950
Food warmer (wall type), per cubic metre of wall	20 to 70 L	37 400	—	13400	6360	18760	6000
Fryer (large)	2.07 m ³	1340	—	540	—	540	0
Fryer (small)	0.51 m ³	810	—	320	—	320	0
Griddle/grill (large), per square metre of cooking surface	0.43 to 1.1 m ²	29000	—	1940	1080	3020	1080
Griddle/grill (small), per square metre of cooking surface	0.20 to 0.42 m ²	26200	—	1720	970	2690	940
Hot dog broiler	48 to 56 hot dogs	1160	—	100	50	150	48
Hot plate (double burner, high speed)	—	4900	—	2290	1590	3880	1830
Hot plate (double burner stockpot)	—	4000	—	1870	1300	3170	1490
Hot plate (single burner, high speed)	—	2800	—	1310	910	2220	1040
Hot water urn (large), per litre of capacity	53 L	130	—	50	16	66	21
Hot water urn (small), per litre of capacity	7.6 L	230	—	87	30	117	37
Ice maker (large)	100 kg/day	1090	—	2730	—	2730	0
Ice maker (small)	50 kg/day	750	—	1880	—	1880	0
Microwave oven (heavy duty, commercial)	20 L	2630	—	2630	—	2630	0
Microwave oven (residential type)	30 L	600 to 1400	—	600 to 1400	—	600 to 1400	0
Mixer (large), per litre of capacity	77 L	29	—	29	—	29	0
Mixer (small), per litre of capacity	11 to 72 L	15	—	15	—	15	0
Protein cooker (hamburger)	300 patties/h	2200	—	1450	750	2200	700
Refrigerator (large), per cubic metre of interior space	0.71 to 2.1 m ³	780	—	310	—	310	0
Refrigerator (small) per cubic metre of interior space	0.17 to 0.71 m ³	1730	—	690	—	690	0
Rotisserie	300 hamburgers/h	3200	—	2110	1090	3200	1020
Serving cart (hot), per cubic metre of wall	50 to 90 L	21200	—	7060	3530	10590	3390
Serving drawer (large)	252 to 336 dinner rolls	1100	—	140	10	150	45
Serving drawer (small)	84 to 168 dinner rolls	800	—	100	10	110	33
Skillet (tilting), per litre of capacity	45 to 125 L	180	—	90	50	140	66
Slicer, per square metre of slicing carriage	0.06 to 0.09 m ²	2150	—	2150	—	2150	680
Soup cooker, per litre of wall	7 to 11 L	130	—	45	24	69	21
Steam cooker, per cubic metre of compartment	30 to 60 L	214000	—	17000	10000	27900	8120
Steam kettle (large), per litre of capacity	76 to 300 L	95	—	7	5	12	4
Steam kettle (small), per litre of capacity	23 to 45 L	260	—	21	14	35	10
Syrup warmer, per litre of capacity	11 L	87	—	29	16	45	14

Table 5 Recommended Rates of Heat Gain From Typical Commercial Cooking Appliances (Continued)

Appliance	Size	Energy Rate, W		Recommended Rate of Heat Gain, ^a W			
		Rated	Standby	Without Hood		With Hood	
				Sensible	Latent	Total	Sensible
Toaster (ban toasts on one side only)	1400 burns/h	1500	—	800	710	1510	480
Toaster (large conveyor)	720 slices/h	3200	—	850	750	1600	510
Toaster (small conveyor)	360 slices/h	2100	—	560	490	1050	340
Toaster (large pop-up)	10 slices	5300	—	2810	2490	5300	1700
Toaster (small pop-up)	4 slices	2470	—	1310	1160	2470	790
Waffle iron	0.05 m ²	1640	—	700	940	1640	520
Electric, Exhaust Hood Required							
Broiler (conveyor infrared), per square metre of cooking area	0.19 to 9.5 m ²	60800	—	—	—	—	12100
Broiler (single deck infrared), per square metre of broiling area	0.24 to 0.91 m ²	34200	—	—	—	—	6780
Charbroiler, per linear metre of cooking surface	0.6 to 2.4 m	10600	8900	—	—	—	2700
Fryer (deep fat)	15 to 23 kg oil	14000	850	—	—	—	350
Fryer (pressure oil), per kilogram of fat capacity	6 to 15 kg	1010	—	—	—	—	38
Griddle, per linear metre of cooking surface	0.6 to 2.4 m	18800	3000	—	—	—	1350
Oven (full-size convection)	—	12000	5000	—	—	—	850
Oven (large deck baking with 15.2 m ³ decks), per cubic metre of oven space	0.43 to 1.3 m ³	17300	—	—	—	—	710
Oven (roasting), per cubic metre of oven space	0.22 to 0.66 m ³	28300	—	—	—	—	1170
Oven (small convection), per cubic metre of oven space	0.04 to 0.15 m ³	107000	—	—	—	—	1520
Oven (small deck baking with 7.7 m ³ decks), per cubic metre of oven space	0.22 to 0.66 m ³	28700	—	—	—	—	1170
Open range (top), per 2 element section	2 to 10 elements	4100	1350	—	—	—	620
Range (hot top/fry top), per square metre of cooking surface	0.36 to 0.74 m ²	22900	—	—	—	—	8500
Range (oven section), per cubic metre of oven space	0.12 to 0.32 m ³	40600	—	—	—	—	1660
Gas, No Hood Required							
Broiler, per square metre of broiling area	0.25	46600	190 ^b	16800	9030	25830	3840
Chaucer mofar, per square metre of cooking surface	0.23 to 0.47	32500	190 ^b	11600	3400	15000	2680
Dishwasher (hood type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	510	190 ^b	150	59	209	67
Dishwasher (hood type, water sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	510	190 ^b	170	64	234	73
Dishwasher (conveyor type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	400	190 ^b	97	21	118	38
Dishwasher (conveyor type, water sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	400	190 ^b	110	23	133	41
Griddle/grill (large), per square metre of cooking surface	0.43 to 1.1 m ²	53600	1040	3600	1930	5530	1450
Griddle/grill (small), per square metre of cooking surface	0.23 to 0.42 m ²	45400	1040	3050	1610	4660	1260
Hot plate	2 burners	5630	390 ^b	3430	1020	4450	1000
Oven (pizza), per square metre of hearth	0.59 to 1.2 m ²	14900	190 ^b	1970	690	2660	270
Gas, Exhaust Hood Required							
Broiling pan, per litre of capacity	102 to 133 L	3050	190 ^b	—	—	—	750
Broiler, per square metre of broiling area	0.34 to 0.36 m ²	68900	1660	—	—	—	5690
Broiler (large conveyor, infrared), per square metre of cooking area/metre	0.19 to 9.5 m ²	162000	6270	—	—	—	16000
Broiler (standard infrared), per square metre of broiling area	0.22 to 0.87 m ²	61300	1660	—	—	—	5040
Charbroiler (large), per linear metre of cooking area	0.6 to 2.4 m	34600	21000	—	—	—	3650
Fryer (deep fat)	15 to 23 kg	23500	1640	—	—	—	560
Oven (bake deck), per cubic metre of oven space	0.15 to 0.46 m ³	79400	190 ^b	—	—	—	1450
Griddle, per linear metre of cooking surface	0.6 to 2.4 m	24000	6060	—	—	—	1540
Oven (full-size convection)	—	20500	8600	—	—	—	1670
Oven (pizza), per square metre of oven hearth	0.86 to 2.4 m ²	22800	190 ^b	—	—	—	410
Oven (roasting), per cubic metre of oven space	0.26 to 0.79 m ³	44500	190 ^b	—	—	—	800
Oven (twin bake deck), per cubic metre of oven space	0.31 to 0.61 m ³	45400	190 ^b	—	—	—	810
Range (burners), per 2 burner section	2 to 10 burners	9540	390	—	—	—	1930
Range (hot top or fry top), per square metre of cooking surface	0.26 to 0.74 m ²	37200	1040	—	—	—	10700
Range (large stock pot)	3 burners	29300	580	—	—	—	5740
Range (small stock pot)	2 burners	11700	390	—	—	—	2290
Range top, open burner (per 2 element section)	2 to 6 elements	11700	4000	—	—	—	640
Steam							
Three-compartment steamer, per kilogram of food capacity/h	21 to 204 kg	180	—	14	9	23	7
Dishwasher (hood type, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	920	—	260	110	370	120
Dishwasher (hood type, water sanitizing), per 100 dishes/h	950 to 2000 dishes/h	920	—	290	120	410	130
Dishwasher (conveyor, chemical sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	350	—	41	97	138	44
Dishwasher (conveyor, water sanitizing), per 100 dishes/h	5000 to 9000 dishes/h	350	—	44	108	152	50
Steam kettle, per litre of capacity	12 to 30 L	160	—	12	8	20	6

Source: ASHRAE and Hensen (1984), Flatau (1988).

In some cases, heat gain data are given per unit of capacity. In those cases, the heat gain is calculated by: $q = (\text{recommended heat gain per unit of capacity}) \times (\text{capacity})$.

^aStandby input rating is given for entire appliances regardless of size.

Fuente: ASHRAE, “ASHRAE Handbook Fundamentals”, 2001, Capítulo 29, Páginas 29.10 y 29.11

APÉNDICE 13

FACTORES PARA MOTORES ESTANDARES

Table 3B Typical Overload Limits with Standard Motors

Motor Type	Watts			
	40 to 190	120 to 250	500 to 560	750 and up
AC open	1.4	1.35	1.25	1.15
AC TEFC ^a and DC	—	1.0	1.0	1.0

Note: Some shaded pole, capacitor start, and special purpose motors have a service factor varying from 1.0 up to 1.75.

^aSome totally enclosed fan-cooled (TEFC) motors have a service factor above 1.0.

Fuente: ASHRAE, “ASHRAE Handbook Fundamentals”, 2001, Capítulo 29, Página 29.8

APÉNDICE 14

Monitor Size	Continuous (watts)	Energy Saver (watts)
Small Monitor (13 in. to 15 in.)	55	0
Medium Monitor (16 in. to 18 in.)	70	0
Large Monitor (19 in. to 20 in.)	80	0
Typical values for monitors displaying Windows.		

Table 2: Typical heat gain from monitors.

Device Size	Continuous (watts)	1 page per min. (watts)	Idle (watts)
Small Desktop	130	75	10
Desktop	215	100	35
Small Office	320	160	70
Large Office	550	275	125

Table 3: Typical heat gain from laser printers.

Device	Continuous (watts)	1 page per min. (watts)	Idle (watts)
Desktop Copier	400	85	20
Office Copier	1100	400	300

Table 4: Typical heat gain from copiers.

Device	Continuous (watts)	Idle (watts)
Facsimile Machine	30	15
Image Scanner	25	15
Dot Matrix Printer	50	25

Table 5: Typical heat gain from miscellaneous equipment.

Fuente: ASHRAE Journal, "Heat Gain From Office Equipment", 2000, Páginas 35 y

APÉNDICE 15

CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS PARA VIDRIOS EXTERIORES

ZONA	VIDRIO	MARCO	ORIENTACIÓN	CLF	SHGF	FACTOR U	TEMPERATURA REAL	ΔT	Q parcial [BTU/h]		Q
	ÁREA [ft²]	ÁREA [ft²]	[-]		[BTU/h*ft²]	[BTU/h*ft²*°F]	[°F]	[°F]	VIDRIO	MARCO	[BTU/h]
OFICINAS											
ZONA 6	20,00	1,50	S	0,59	118	1,61	68	24	1392,40	57,96	1450,36
ZONA 9	41,00	4,83	S	0,59	118	1,61	68	24	2854,42	186,76	3041,18
ZONA 10	49,00	4,67	S	0,59	118	1,61	68	24	3411,38	180,32	3591,70
ZONA 11	12,00	1,17	S	0,59	118	1,61	68	24	835,44	45,08	880,52
ZONA 15	35,00	2,00	E	0,29	234	1,61	68	24	2375,10	77,28	2452,38
ZONA 16	49,00	4,67	E	0,29	234	1,61	68	24	3325,14	180,32	3505,46
ZONA 18	21,00	3,33	E	0,29	234	1,61	68	24	1425,06	128,80	1553,86
LABORATORIOS											
ZONA 19	30,00	1,83	E	0,29	234	1,61	64	28	2035,80	82,65	2118,45
ZONA 23	49,00	2,33	E	0,29	234	1,61	68	24	3325,14	90,16	3415,30

APÉNDICE 16

CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS PARA TECHOS

ZONA	TECHO		ÁREA [ft²]	ORIENTACIÓN H-V	GANANCIA POR SUELO [Si/No]	FACTOR U [BTU/h*ft²**F]	Tclimatizada [°F]	Tamb (promedio) [°F]	ΔT [°F]	CLTD			CARGA TÉRMICA TOTAL [BTU/h]		
	Largo [ft]	Ancho [ft]								09H00	15H00	19H00	09H00	15H00	19H00
PRODUCCIÓN															
ZONA 1	120,853859	110,213465	13319,72	H	No	0,213	71	92	21	34	77	30	96461,43	218456,77	85113,03
OFICINAS															
ZONA 2	14,7783251	19,2118227	283,92	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	1451,39	4717,02	2539,94
ZONA 3	15,270936	11,4942529	236,19	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	1207,43	3924,13	2112,99
ZONA 4	9,85221675	12,3152709	122,68	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	627,14	2038,22	1097,50
ZONA 5	17,5697865	14,7783251	259,65	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	1327,34	4313,86	2322,85
ZONA 6	13,3004926	11,1658456	148,51	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	759,19	2467,37	1328,58
ZONA 7	6,5681445	11,4942529	75,50	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	385,94	1254,29	675,39
ZONA 8	3,28407225	11,4942529	48,53	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	248,10	806,33	434,18
ZONA 9	14,7783251	10,0164204	148,03	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	756,71	2459,30	1324,24
ZONA 10	9,85221675	14,7783251	145,60	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	744,30	2418,99	1302,53
ZONA 11	9,85221675	11,3957307	128,45	H	No	0,213	68	92	24	23	78	42	656,64	2134,08	1149,12
ZONA 12	15,1067323	13,4646962	305,11	H	No	0,081	68	92	24	23	78	42	593,14	1927,69	1037,99
ZONA 13	14,1215107	13,4646962	190,14	H	No	0,081	68	92	24	23	78	42	369,64	1201,32	646,86
ZONA 14	14,1215107	9,52380952	134,49	H	No	0,081	68	92	24	23	78	42	261,45	849,71	457,54
ZONA 15	14,1215107	9,52380952	134,49	H	No	0,081	68	92	24	23	78	42	261,45	849,71	457,54
ZONA 16	49,2610837	13,136289	647,11	H	No	0,081	68	92	24	23	78	42	1257,98	4088,43	2201,46

APÉNDICE 17

CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS PARA PAREDES EXTERIORES

ZONA	PARED		ÁREA TOTAL	ÁREAS VARIAS		ÁREA NETA	ORIENTACIÓN	GANANCIA POR SUELO	FACTOR U	TEMPERATURA REAL	ΔT	MATERIAL PRINCIPAL	MATERIAL SECUNDARIO	TIPO DE PARED	CLTD			Q [BTU/h]		
	Largo [ft]	Alto [ft]	[ft²]	Ventanas [ft²]	Puertas [ft²]	[ft²]	[-]	Si - No	[BTU/h*ft²**F]	[°F]	[°F]	[-]	[-]	[-]	09H00	15H00	19H00	09H00	15H00	19H00
OFICINAS																				
ZONA 6	11,17	8,37	93,51	20,00	0,00	73,51	S	No	0,308	68	24	Bloque Hueco 4"	Enlucido	E	4	29	31	90,56	656,57	701,85
ZONA 9	10,02	8,37	83,88	20,00	21,00	42,88	S	No	0,308	68	24	Bloque Hueco 4"	Enlucido	E	4	29	31	52,83	383,02	409,43
ZONA 10	14,78	8,37	123,76	0,00	49,00	74,76	S	No	0,308	68	24	Bloque Hueco 4"	Enlucido	E	4	29	31	92,10	667,75	713,80
ZONA 11	11,40	8,37	95,43	12,00	0,00	83,43	S	No	0,308	68	24	Bloque Hueco 4"	Enlucido	E	4	29	31	102,79	745,22	796,61
ZONA 15	14,12	8,37	118,26	35,00	0,00	83,26	E	No	0,319	68	24	Ladrillo Acostado 4"	Enlucido	E	18	36	30	478,07	956,15	796,79
ZONA 16	32,84	7,55	248,06	28,00	21,00	199,06	E	No	0,319	68	24	Ladrillo Acostado 4"	Enlucido	E	18	36	30	1142,99	2285,98	1904,99
ZONA 18	6,57	8,21	53,93	0,00	21,00	32,93	E	No	0,319	68	24	Ladrillo Acostado 4"	Enlucido	E	18	36	30	189,06	378,12	315,10
LABORATORIOS																				
ZONA 19	16,09	8,21	132,12	9,00	21,00	102,12	E	No	0,319	64	28	Ladrillo Acostado 4"	Enlucido	E	18	36	30	586,36	1172,72	977,27
ZONA 23	55,83	8,21	458,37	28,00	21,00	409,37	E	No	0,319	64	28	Ladrillo Acostado 4"	Enlucido	E	18	36	30	2350,59	4701,18	3917,65

APÉNDICE 18

CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS PARA PERSONAS

ZONA	CANT. PERSONAS [u]		Calor Latente/persona [BTU/h-persona]	Calor Sensible/persona [BTU/h-persona]	CLFp	Carga Latente [BTU/h]		Carga Sensible [BTU/h]		Carga Térmica Total [BTU/h]	
	MÁXIMO	MÍNIMO				MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO
PRODUCCIÓN											
ZONA 1	800	600	695	345	1	556000,00	417000,00	276000,00	207000,00	832000,00	624000,00
OFICINAS					1						
ZONA 2	25	10	190	230	1	4750,00	1900,00	5750,00	2300,00	10500,00	8050,00
ZONA 3	9	2	255	255	1	2295,00	510,00	2295,00	510,00	4590,00	2805,00
ZONA 4	4	1	190	230	1	760,00	190,00	920,00	230,00	1680,00	1150,00
ZONA 5	13	1	190	230	1	2470,00	190,00	2990,00	230,00	5460,00	3220,00
ZONA 6	7	1	255	255	1	1785,00	255,00	1785,00	255,00	3570,00	2040,00
ZONA 7	3	1	190	230	1	570,00	190,00	690,00	230,00	1260,00	920,00
ZONA 8	3	0	255	255	1	765,00	0,00	765,00	0,00	1530,00	765,00
ZONA 9	6	2	190	230	1	1140,00	380,00	1380,00	460,00	2520,00	1840,00
ZONA 10	12	2	255	255	1	3060,00	510,00	3060,00	510,00	6120,00	3570,00
ZONA 11	5	1	255	255	1	1275,00	255,00	1275,00	255,00	2550,00	1530,00
ZONA 12	13	2	255	255	1	3315,00	510,00	3315,00	510,00	6630,00	3825,00
ZONA 13	7	1	190	230	1	1330,00	190,00	1610,00	230,00	2940,00	1840,00
ZONA 14	7	3	190	230	1	1330,00	570,00	1610,00	690,00	2940,00	2300,00
ZONA 15	11	5	255	255	1	2805,00	1275,00	2805,00	1275,00	5610,00	4080,00
ZONA 16	8	0	140	210	1	1120,00	0,00	1680,00	0,00	2800,00	1680,00
ZONA 17	5	1	190	230	1	950,00	190,00	1150,00	230,00	2100,00	1380,00
ZONA 18	8	2	190	230	1	1520,00	380,00	1840,00	460,00	3360,00	2300,00
LABORATORIOS					1						
ZONA 19	5	2	435	345	1	2175,00	870,00	1725,00	690,00	3900,00	1560,00
ZONA 20	11	5	435	345	1	4785,00	2175,00	3795,00	1725,00	8580,00	3900,00
ZONA 21	9	5	435	345	1	3915,00	2175,00	3105,00	1725,00	7020,00	3900,00
ZONA 22	4	2	435	345	1	1740,00	870,00	1380,00	690,00	3120,00	1560,00
ZONA 23	4	0	140	210	1	560,00	0,00	840,00	0,00	1400,00	0,00
									TOTAL	922180,00	678215,00

APÉNDICE 19

CÁLCULO DE CARGAS TERMICAS PARA ILUMINACIÓN

ZONA	CANT. LÁMPARAS		[BTU/W]	POTENCIA [WATTS]		Ful	Fsa	CFLeI	CARGA (qeI)
	TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR		TUBO FLUORESCENTE	FOCO AHORRADOR				BTU/h
PRODUCCIÓN									
ZONA 1	430	0	3,41	32	20	1	0,94	0,88	38813,55
OFICINAS									
ZONA 2	8	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	697,50
ZONA 3	12	6	3,41	32	20	1	0,94	0,85	1373,19
ZONA 4	6	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	523,12
ZONA 5	9	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	784,68
ZONA 6	6	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	523,12
ZONA 7	2	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	174,37
ZONA 8	4	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	348,75
ZONA 9	6	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	523,12
ZONA 10	6	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	523,12
ZONA 11	3	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	261,56
ZONA 12	24	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	2092,49
ZONA 13	8	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	697,50
ZONA 14	4	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	348,75
ZONA 15	8	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	697,50
ZONA 16	4	9	3,41	32	20	1	0,94	0,85	839,17
ZONA 17	4	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	348,75
ZONA 18	4	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	348,75
LABORATORIOS									
ZONA 19	16	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	1394,99
ZONA 20	10	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	871,87
ZONA 21	16	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	1394,99
ZONA 22	4	0	3,41	32	20	1	0,94	0,85	348,75
ZONA 23	0	14	3,41	32	20	1	0,94	0,85	762,89
								TOTAL	54692,46

APÉNDICE 20

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EQUIPOS VARIOS

ZONA	EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	POTENCIA	FACTOR DE USO	GANANCIA DE CALOR [%]		CARGA TÉRMICA [BTU/h]		CARGA TÉRMICA TOTAL
						SENSIBLE	LATENTE	SENSIBLE	LATENTE	
			[u]	[W]						[BTU/h]
ZONA 1	Reservorio calentador de agua		3	5500	1,00	0,70	0,30	39385,5	16879,5	56265
	Reservorio calentador de agua		1	3500	1,00	0,70	0,30	8354,5	3580,5	11935
LABORATORIOS										0
ZONA 19	Baño María	Mermmet	1	1200	0,80	1,00	0,00	3273,6	0	3273,6
	Autoclave	25XL	2	1050	0,50	0,40	0,60	1432,2	2148,3	3580,5
	Estufa	VWR by Sheldon MFG	2	840	0,50	0,40	0,60	1145,76	1718,64	2864,4
	Estufa	VWR Scientific Products	1	800	0,50	0,40	0,60	545,6	818,4	1364
	Central de Contaminación	C4	1	246	0,80	0,70	0,30	469,7616	201,3264	671,088
	Congelador	Durex	2	559,5	0,70	1,00	0,00	2671,053	0	2671,053
	Estufa	Mermmet U15	1	1400	0,50	0,40	0,60	954,8	1432,2	2387
	Estufa	Mermmet SFE500	1	2000	0,50	0,40	0,60	1364	2046	3410
	Equipos Varios		1	100	0,50	1,00	0,00	170,5	0	170,5
ZONA 20	Congelador	Durex	1	800	0,80	1,00	0,00	2182,4	0	2182,4
	Estufa de Presión		1	150	0,80	0,40	0,60	163,68	245,52	409,2
	Calentador	IMACO	1	900	0,80	0,60	0,40	1473,12	982,08	2455,2
	Abridor de latas	Inoxidable	3	144	0,50	1,00	0,00	736,56	0	736,56
ZONA 21	Agitador	Heidolf	1	115	0,40	1,00	0,00	156,86	0	156,86
	Fluorómetro	Quanteh	1	75	0,90	0,80	0,20	184,14	46,035	230,175
	Fluorómetro	Tuner	1	60	0,80	0,80	0,20	130,944	32,736	163,68
	Purificador de aire		1	300	1,00	1,00	0,00	1023	0	1023
	Clorómetro	Lobconco	1	30	0,50	1,00	0,00	51,15	0	51,15
	Refrigerador	Mabe	1	300	0,70	1,00	0,00	716,1	0	716,1
	Balanzas/Estufas	Mettler Toledo	1	300	0,80	0,60	0,40	491,04	327,36	818,4
	Estufas	VWR	2	1080	0,75	0,40	0,60	2209,68	3314,52	5524,2
	Congelador	Durex	1	500	0,70	1,00	0,00	1193,5	0	1193,5
	Microondas	Amanda	1	1700	0,40	1,00	0,00	2318,8	0	2318,8
	Equipos Varios		1	250	0,70	1,00	0,00	596,75	0	596,75
ZONA 22	Calentador de Agua		1	1000	0,30	0,80	0,20	818,4	204,6	1023
							TOTAL	74213,3986	33977,7174	

APÉNDICE 21

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA MOTORES

[illegible]

APÉNDICE 22

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EQUIPOS INFORMÁTICOS

ZONA	CANT. EQUIPOS [u]							GANANCIA POR EQUIPOS [BTU/h]							TIEMPO DE USO [h]	HORA DE INICIO xxHxx	CLF			CARGA ESTIMADA [BTU/h]		
	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS	COMPUTADORAS	LAPTOPS	IMPRESORAS	ESCANERS	COPIADORAS	PROYECTOR	UPS			@ 12H00	@ 14H00	@ 16H00	@ 12H00	@ 14H00	@ 16H00
OFICINAS																						
ZONA 2	0	1	0	0	0	1	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	420,112	492,1312	564,1504
ZONA 3	2	0	1	0	0	0	2	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	1267,497	1484,7822	1702,0674
ZONA 4	0	1	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	85,932	100,6632	115,3944
ZONA 5	0	2	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	537,075	629,145	721,215
ZONA 6	0	1	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	451,143	528,4818	605,8206
ZONA 7	0	1	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	85,932	100,6632	115,3944
ZONA 8	8	0	0	0	0	0	4	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	2807,112	3288,3312	3769,5504
ZONA 9	2	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	828,289	970,2814	1112,2738
ZONA 10	2	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	828,289	970,2814	1112,2738
ZONA 11	1	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	558,558	654,3108	750,0636
ZONA 12	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	790,097	925,5422	1060,9874
ZONA 13	0	2	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	537,075	629,145	721,215
ZONA 14	3	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	1021,636	1196,7736	1371,9112
ZONA 15	5	0	1	1	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	1522,906	1783,9756	2045,0452
ZONA 17	1	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	558,558	654,3108	750,0636
ZONA 18	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	8	08H00	0,7	0,82	0,94	790,097	925,5422	1060,9874
LABORATORIOS								330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341								
ZONA 19	1	0	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00	0,7	0,82	0,94	231,539	271,2314	310,9238
ZONA 20	0	2	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00	0,7	0,82	0,94	171,864	201,3264	230,7888
ZONA 21	1	0	0	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00	0,7	0,82	0,94	231,539	271,2314	310,9238
ZONA 22	2	0	1	0	0	0	0	330,77	122,76	467,17	54,56	2728	477,4	341	16	07H00	0,7	0,82	0,94	790,097	925,5422	1060,9874

APÉNDICE 23

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA PAREDES INTERIORES

ZONA	PARED		ÁREA TOTAL	ÁREAS VARIAS		ÁREA NETA	ORIENTACION	FACTOR U	TEMPERATURA REAL	TEMPERATURA CUARTO ADYACENTE	ΔT	Q	Q (TOTAL)
	Largo [ft]	Alto [ft]	[ft²]	Ventanas [ft²]	Puertas [ft²]	[ft²]		[BTU/h*°F]	[°F]	[°F]	[°F]	[BTU/h]	[BTU/h]
PRODUCCIÓN													
ZONA 1	114,94	22,99	2642,36	0,00	80,00	2562,36	N	0,110	71,00	93,74	22,74	6409,48	20207,88
	114,94	22,99	2642,36	32,00	152,00	2458,36	S	0,110	71,00	82,00	11,00	2974,61	
	131,36	22,99	3019,84	0,00	152,00	2867,84	E	0,110	71,00	82,00	11,00	3470,08	
	131,36	22,99	3019,84	0,00	80,00	2939,84	O	0,110	71,00	93,74	22,74	7353,71	
OFICINAS													
ZONA 2	19,21	8,37	160,89	30,00	0,00	130,89	N	0,081	68,00	82,00	14,00	148,43	565,06
	19,21	8,37	160,89	0,00	21,00	139,89	S	0,081	68,00	82,00	14,00	158,63	
	14,78	8,37	123,76	20,00	0,00	103,76	E	0,081	68,00	82,00	14,00	117,66	
	14,78	8,37	123,76	0,00	0,00	123,76	O	0,081	68,00	82,00	14,00	140,34	
ZONA 3	23,81	8,37	199,39	12,00	0,00	187,39	N	0,081	68,00	82,00	14,00	212,50	620,92
	23,81	8,37	199,39	12,00	21,00	166,39	S	0,081	68,00	82,00	14,00	188,69	
	15,27	8,37	127,88	0,00	42,00	85,88	E	0,081	68,00	82,00	14,00	97,39	
	15,27	8,37	127,88	20,00	0,00	107,88	O	0,081	68,00	82,00	14,00	122,34	
ZONA 4	12,32	8,37	103,13	12,00	0,00	91,13	N	0,081	68,00	82,00	14,00	103,34	337,11
	12,32	8,37	103,13	20,00	0,00	83,13	S	0,081	68,00	82,00	14,00	94,27	
	9,85	8,37	82,51	0,00	0,00	82,51	E	0,081	68,00	82,00	14,00	93,56	
	9,85	8,37	82,51	0,00	42,00	40,51	O	0,081	68,00	82,00	14,00	45,93	
ZONA 5	14,78	8,37	123,76	20,00	0,00	103,76	N	0,081	68,00	82,00	14,00	117,66	487,38
	14,78	8,37	123,76	20,00	0,00	103,76	S	0,081	68,00	82,00	14,00	117,66	
	17,57	8,37	147,14	0,00	0,00	147,14	E	0,081	68,00	82,00	14,00	166,85	
	17,57	8,37	147,14	30,00	42,00	75,14	O	0,081	68,00	82,00	14,00	85,20	
ZONA 6	11,17	8,37	93,51	20,00	21,00	52,51	N	0,081	68,00	82,00	14,00	59,54	289,48
	13,30	8,37	111,38	20,00	0,00	91,38	E	0,081	68,00	82,00	14,00	103,63	
	13,30	8,37	111,38	0,00	0,00	111,38	O	0,081	68,00	82,00	14,00	126,31	
	11,49	8,37	96,26	0,00	0,00	96,26	N	0,081	68,00	82,00	14,00	109,16	296,57
ZONA 7	11,49	8,37	96,26	0,00	0,00	96,26	S	0,081	68,00	82,00	14,00	109,16	
	6,57	8,37	55,00	20,00	21,00	14,00	E	0,081	68,00	82,00	14,00	15,88	
	6,57	8,37	55,00	0,00	0,00	55,00	O	0,081	68,00	82,00	14,00	62,37	
	11,49	8,37	96,26	0,00	0,00	96,26	N	0,081	68,00	82,00	14,00	109,16	256,87
ZONA 8	11,49	8,37	96,26	0,00	0,00	96,26	S	0,081	68,00	82,00	14,00	109,16	
	3,28	8,37	27,50	0,00	21,00	6,50	E	0,081	68,00	82,00	14,00	7,37	
	3,28	8,37	27,50	0,00	0,00	27,50	O	0,081	68,00	82,00	14,00	31,19	
	10,02	8,37	83,88	20,00	0,00	63,88	N	0,081	68,00	82,00	14,00	72,44	307,77
ZONA 9	14,78	8,37	123,76	20,00	0,00	103,76	E	0,081	68,00	82,00	14,00	117,66	
	14,78	8,37	123,76	20,00	0,00	103,76	O	0,081	68,00	82,00	14,00	117,66	
	14,78	8,37	123,76	0,00	0,00	123,76	N	0,110	68,00	82,00	14,00	190,59	444,71
	9,85	8,37	82,51	0,00	0,00	82,51	E	0,110	68,00	82,00	14,00	127,06	
ZONA 10	9,85	8,37	82,51	0,00	0,00	82,51	O	0,110	68,00	82,00	14,00	127,06	
	11,40	8,37	95,43	0,00	0,00	95,43	N	0,110	68,00	82,00	14,00	146,97	274,03
	9,85	8,37	82,51	0,00	0,00	82,51	E	0,110	68,00	82,00	14,00	127,06	
	13,46	8,37	112,76	0,00	0,00	112,76	N	0,110	68,00	82,00	14,00	173,65	851,69
ZONA 12	13,46	8,37	112,76	30,00	0,00	82,76	S	0,110	68,00	82,00	14,00	127,45	
	23,32	8,37	195,26	12,00	21,00	162,26	E	0,110	68,00	82,00	14,00	249,89	
	23,32	8,37	195,26	0,00	0,00	195,26	O	0,110	68,00	82,00	14,00	300,71	
	13,46	8,37	112,76	30,00	0,00	82,76	N	0,110	68,00	82,00	14,00	127,45	571,39
ZONA 13	13,46	8,37	112,76	12,00	21,00	79,76	S	0,110	68,00	82,00	14,00	122,83	
	14,12	8,37	118,26	28,00	0,00	90,26	E	0,110	68,00	82,00	14,00	139,00	
	14,12	8,37	118,26	0,00	0,00	118,26	O	0,110	68,00	82,00	14,00	182,12	
	9,52	8,37	79,76	0,00	21,00	58,76	N	0,110	68,00	82,00	14,00	90,48	531,35
ZONA 14	9,52	8,37	79,76	0,00	0,00	79,76	S	0,110	68,00	82,00	14,00	122,82	
	14,12	8,37	118,26	30,00	0,00	88,26	E	0,110	68,00	82,00	14,00	135,92	
	14,12	8,37	118,26	0,00	0,00	118,26	O	0,110	68,00	82,00	14,00	182,12	
	9,52	8,37	79,76	12,00	21,00	46,76	N	0,110	68,00	82,00	14,00	72,00	330,75
ZONA 15	9,52	8,37	79,76	0,00	0,00	79,76	S	0,110	68,00	82,00	14,00	122,82	
	14,12	8,37	118,26	30,00	0,00	88,26	O	0,110	68,00	82,00	14,00	135,92	
	13,14	7,55	99,22	30,00	0,00	69,22	N	0,110	68,00	82,00	14,00	106,60	740,02
	13,14	7,55	99,22	30,00	0,00	69,22	S	0,110	68,00	82,00	14,00	106,60	
ZONA 16	49,26	7,55	372,09	30,00	0,00	342,09	O	0,110	68,00	82,00	14,00	526,81	
	13,14	8,21	107,85	20,00	21,00	66,85	N	0,110	68,00	82,00	14,00	102,95	481,22
	13,14	8,21	107,85	24,00	0,00	83,85	S	0,110	68,00	82,00	14,00	129,13	
	9,85	8,21	80,89	0,00	0,00	80,89	E	0,110	68,00	82,00	14,00	124,57	
ZONA 17	9,85	8,21	80,89	0,00	0,00	80,89	O	0,110	68,00	82,00	14,00	124,57	
	18,06	8,21	148,30	24,00	0,00	124,30	N	0,110	68,00	82,00	14,00	191,42	502,84
	18,06	8,21	148,30	0,00	0,00	148,30	S	0,110	68,00	82,00	14,00	228,38	
	6,57	8,21	53,93	0,00	0,00	53,93	O	0,110	68,00	82,00	14,00	83,05	
LABORATORIOS													
ZONA 19	18,06	8,21	148,30	0,00	0,00	148,30	N	0,110	64,40	82,00	17,60	287,10	829,98
	18,06	8,21	148,30	0,00	0,00	148,30	S	0,110	64,40	82,00	17,60	287,10	
	16,09	8,21	132,12	0,00	0,00	132,12	O	0,110	64,40	82,00	17,60	255,78	
	13,14	8,21	107,85	20,00	0,00	87,85	N	0,110	64,40	82,00	17,60	170,08	640,42
ZONA 20	13,14	8,21	107,85	20,00	0,00	87,85	S	0,110	64,40	82,00	17,60	170,08	
	13,46	8,21	110,55	24,00	42,00	44,55	E	0,110	64,40	82,00	17,60	86,24	
	13,46	8,21	110,55	0,00	0,00	110,55	O	0,110	64,40	82,00	17,60	214,02	
	13,14	8,21	107,85	20,00	0,00	87,85	N	0,110	64,40	82,00	17,60	170,08	1029,64
ZONA 21	13,14	8,21	107,85	20,00	0,00	87,85	S	0,110	64,40	82,00	17,60	170,08	
	24,79	8,21	203,57	30,00	21,00	152,57	E	0,110	64,40	82,00	17,60	295,37	
	24,79	8,21	203,57	0,00	0,00	203,57	O	0,110	64,40	82,00	17,60	394,11	
	13,14	8,21	107,85	0,00	0,00	107,85	N	0,110	64,40	82,00	17,60	208,80	661,86
ZONA 22	13,14	8,21	107,85	20,00	0,00	87,85	S	0,110	64,40	82,00	17,60	170,08	
	10,18	8,21	83,58	0,00	21,00	62,58	E	0,110	64,40	82,00	17,60	121,16	
	10,18	8,21	83,58	0,00	0,00	83,58	O	0,110	64,40	82,00	17,60	161,82	
	4,93	8,21	40,44	0,00	0,00	40,44	N	0,110	68,00	82,00	14,00	62,28	597,92
ZONA 23	4,93	8,21	40,44	0,00	0,00	40,44	S	0,110	68,00	82,00	14,00	62,28	
	55,83	8,21	458,37	88,00	63,00	307,37	O	0,110	68,00	82,00	14,00	473,35	

APÉNDICE 24

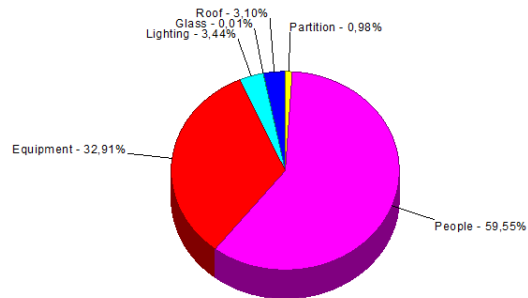
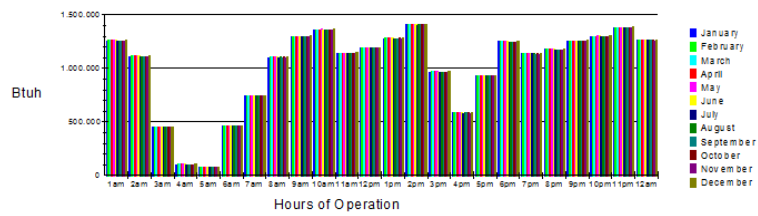
CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA VIDRIOS INTERIORES

	VIDRIO	MARCO	VIDRIO	MARCO						
ZONA	ÁREA [ft²]	ÁREA [ft²]	FACTOR U	FACTOR U	TEMPERATURA REAL	ΔT	Q parcial [BTU/h]		Q	
	ÁREA [ft²]	ÁREA [ft²]	[BTU/h*ft²**F]	[BTU/h*ft²**F]	[°F]	[°F]	VIDRIO	MARCO	[BTU/h]	
PRODUCCIÓN										
ZONA 1	32,00	2,00	1,06	1,61	71	16	542,72	51,52	594,24	
OFICINAS										
ZONA 2	30,00	2,17	1,06	1,61	68	24	763,20	83,72	846,92	1413,68
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
ZONA 3	12,00	1,17	1,06	1,61	68	24	305,28	45,08	350,36	3063,45
	33,00	4,50	1,06	1,61	68	24	839,52	173,88	1013,40	
	42,00	4,33	1,06	1,61	68	22	979,44	153,49	1132,93	
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
ZONA 4	12,00	1,17	1,06	1,61	68	24	305,28	45,08	350,36	2069,32
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
	42,00	2,17	1,06	1,61	68	24	1068,48	83,72	1152,20	
ZONA 5	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	3132,64
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
	72,00	4,33	1,06	1,61	68	24	1831,68	167,44	1999,12	
ZONA 6	41,00	9,50	1,06	1,61	68	24	1043,04	367,08	1410,12	3387,00
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
	41,00	9,50	1,06	1,61	68	24	1043,04	367,08	1410,12	
ZONA 9	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	1700,28
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
	20,00	1,50	1,06	1,61	68	24	508,80	57,96	566,76	
ZONA 12	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	1847,44
	33,00	4,50	1,06	1,61	68	24	839,52	173,88	1013,40	
ZONA 13	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	2630,60
	33,00	4,50	1,06	1,61	68	24	839,52	173,88	1013,40	
	28,00	1,83	1,06	1,61	68	24	712,32	70,84	783,16	
ZONA 14	21,00	7,00	1,06	1,61	68	24	534,24	270,48	804,72	1638,76
	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	
ZONA 15	33,00	4,50	1,06	1,61	68	24	839,52	173,88	1013,40	1847,44
	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	
ZONA 16	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	2502,12
	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	
	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	
	30,00	1,83	1,06	1,61	68	24	763,20	70,84	834,04	
ZONA 17	41,00	9,50	1,06	1,61	68	24	1043,04	367,08	1410,12	2175,24
	24,00	4,00	1,06	1,61	68	24	610,56	154,56	765,12	
ZONA 18	24,00	4,00	1,06	1,61	68	24	610,56	154,56	765,12	765,12
LABORATORIOS										
ZONA 20	20,00	1,50	1,06	1,61	64	28	593,60	67,62	661,22	3454,13
	20,00	1,50	1,06	1,61	64	28	593,60	67,62	661,22	
	66,00	3,83	1,06	1,61	64	28	1958,88	172,81	2131,69	
ZONA 21	20,00	1,50	1,06	1,61	64	28	593,60	67,62	661,22	3069,03
	20,00	1,50	1,06	1,61	64	28	593,60	67,62	661,22	
	51,00	5,17	1,06	1,61	64	28	1513,68	232,91	1746,59	
ZONA 22	20,00	1,50	1,06	1,61	64	28	593,60	67,62	661,22	1600,06
	21,00	7,00	1,06	1,61	64	28	623,28	315,56	938,84	
ZONA 23	151,00	14,33	0	1,61	68	24	0,00	553,84	553,84	553,84

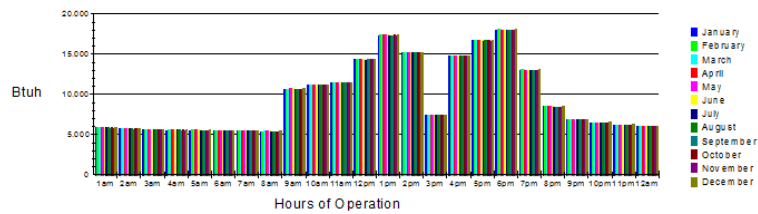
APÉNDICE 25

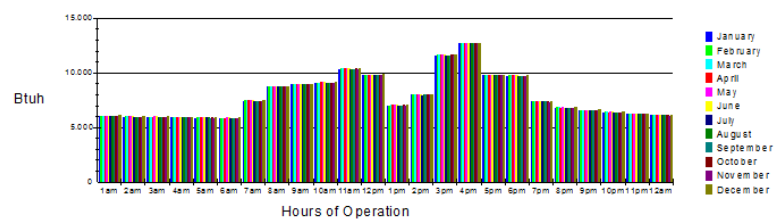
CURVAS Y GRÁFICAS DE CARGAS TÉRMICAS POR CHVAC – VERSION 7.0

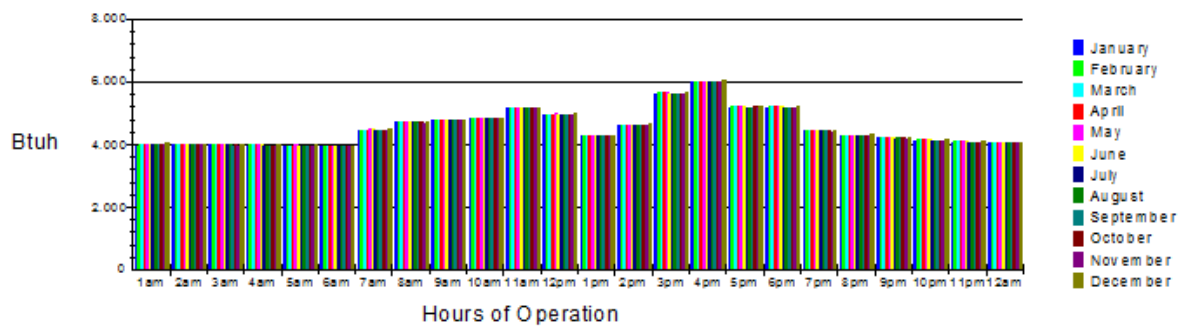
ZONA 1

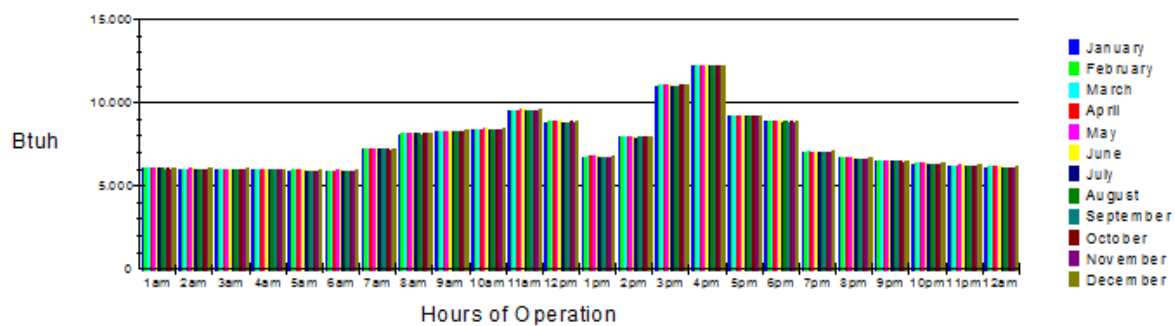


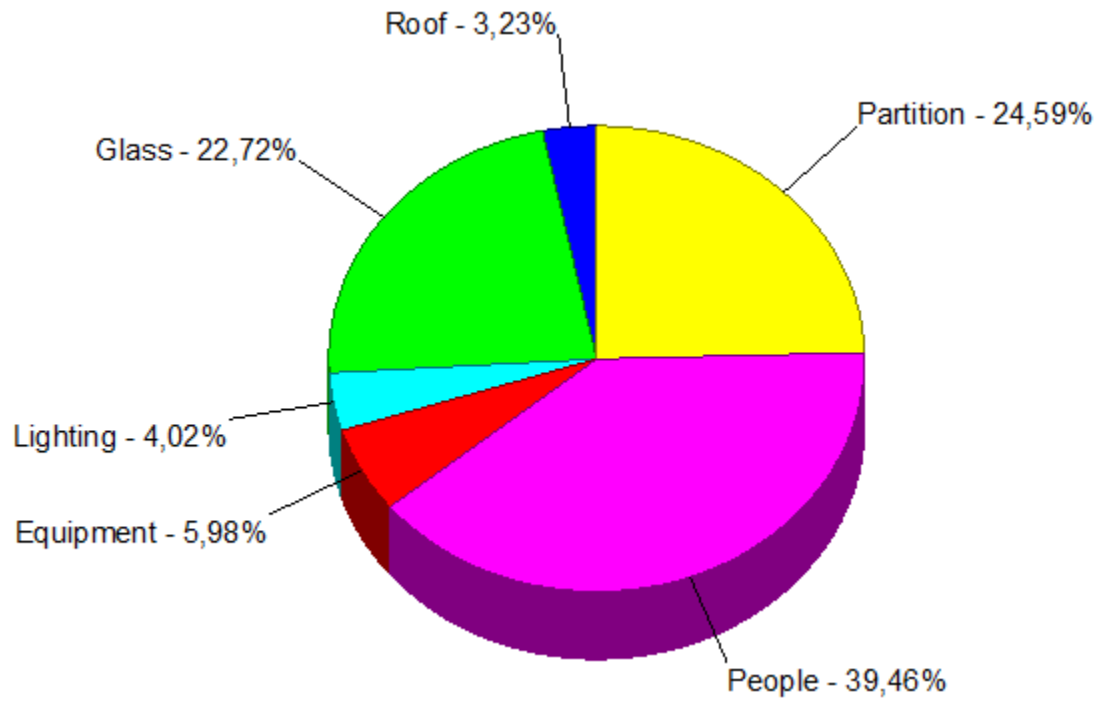
ZONA 2



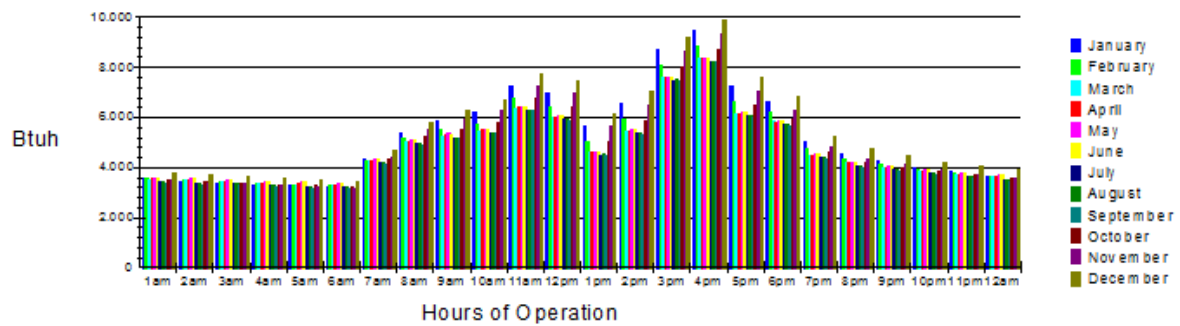


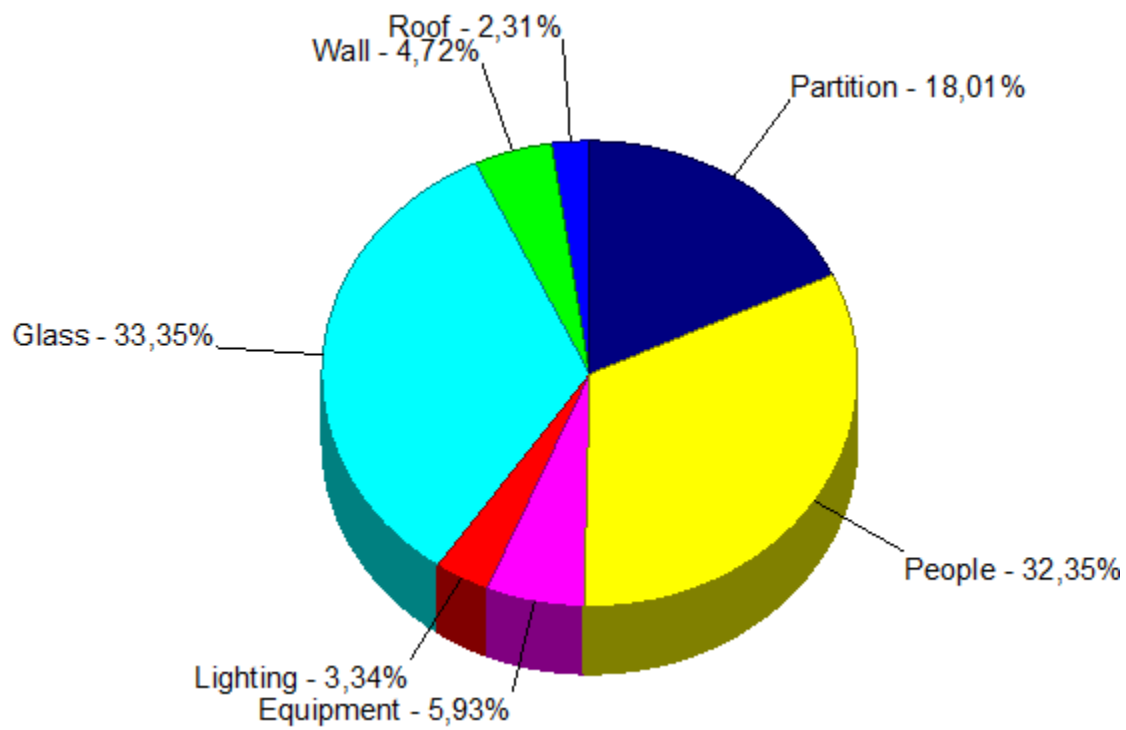




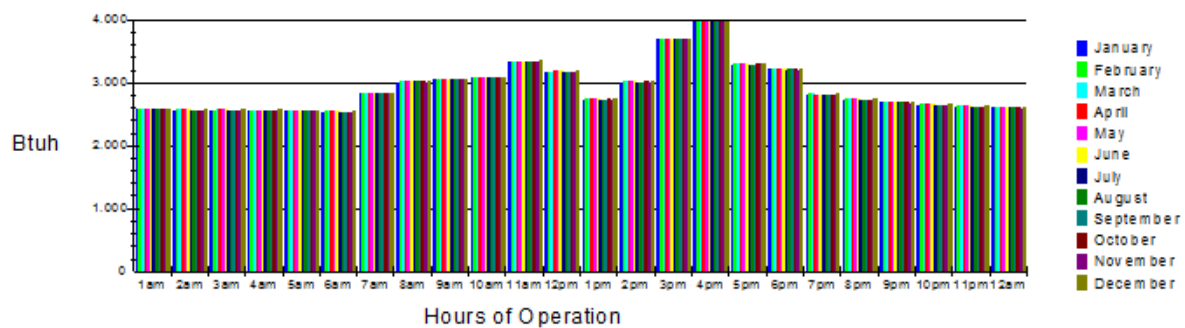


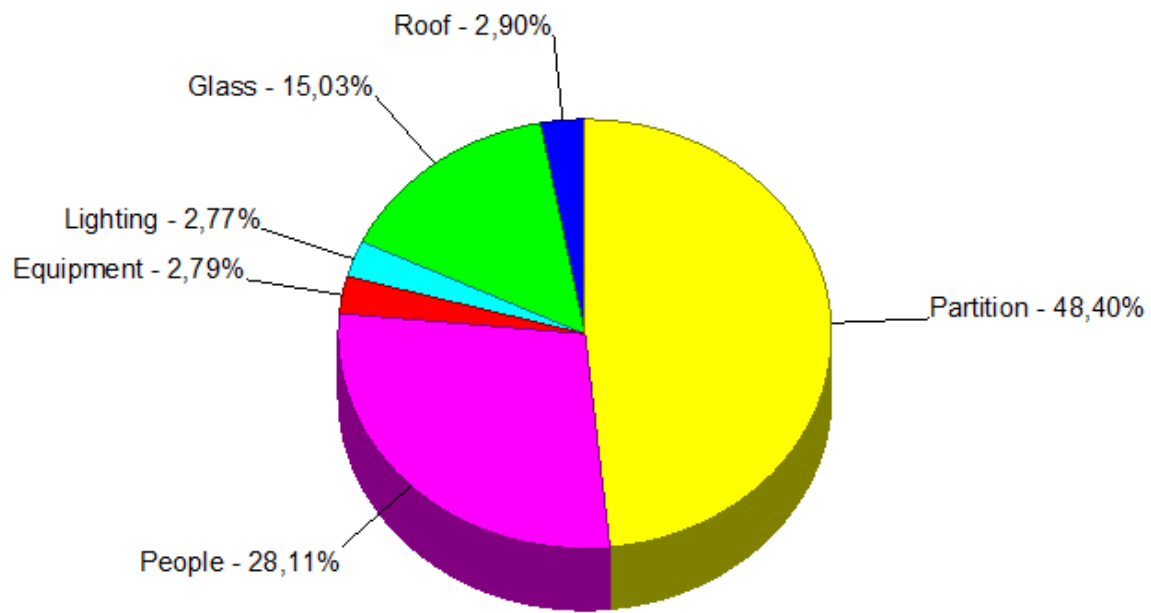
ZONA 6



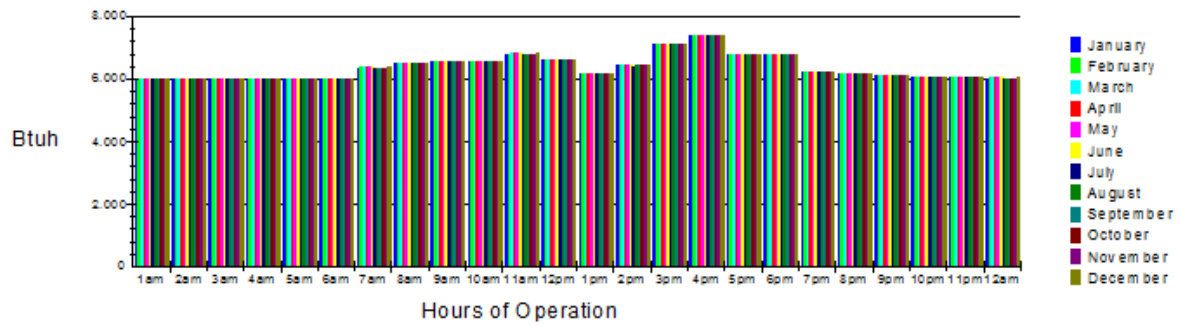


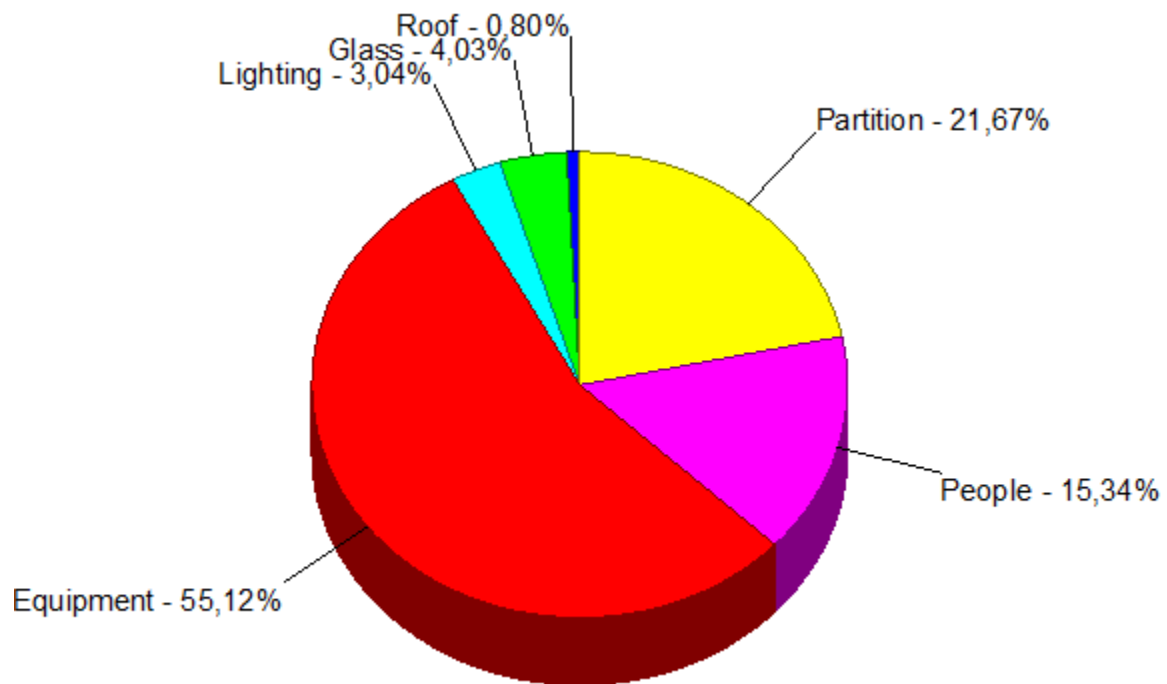
ZONA 7



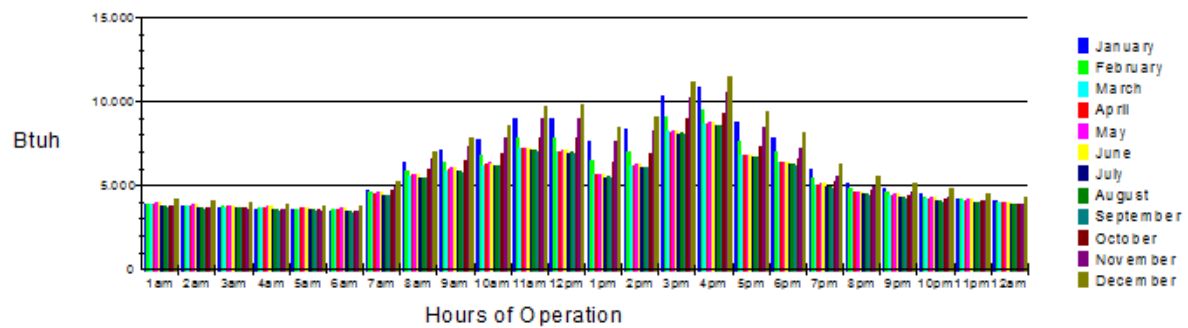


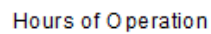
ZONA 8

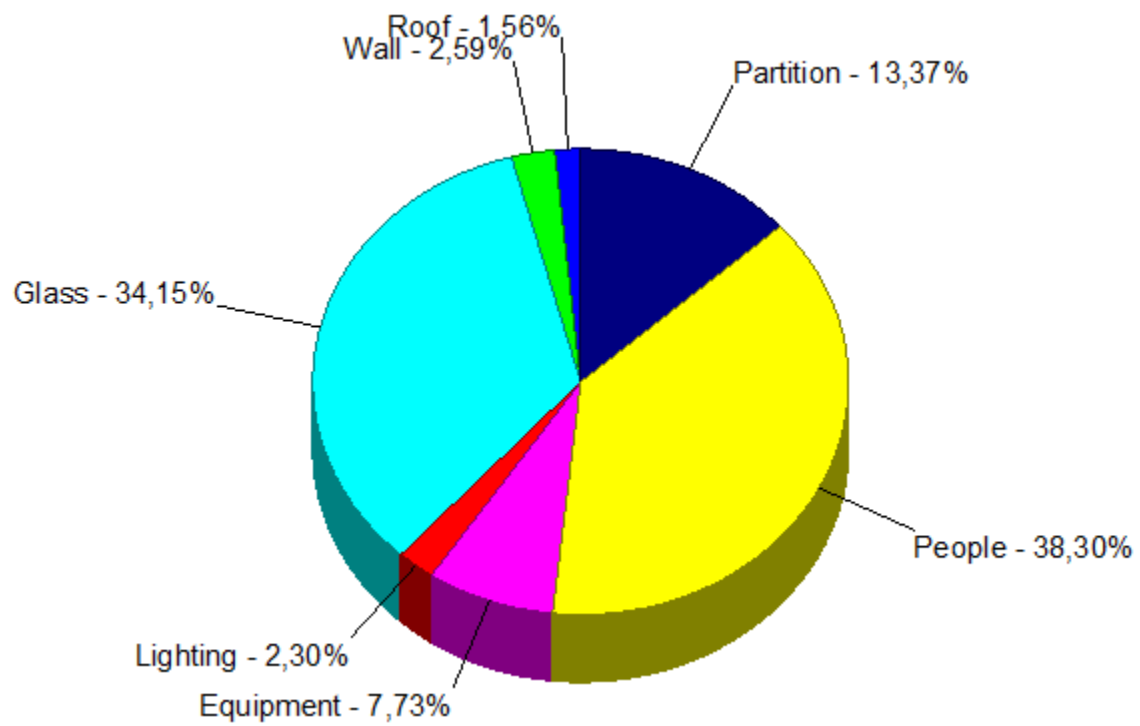




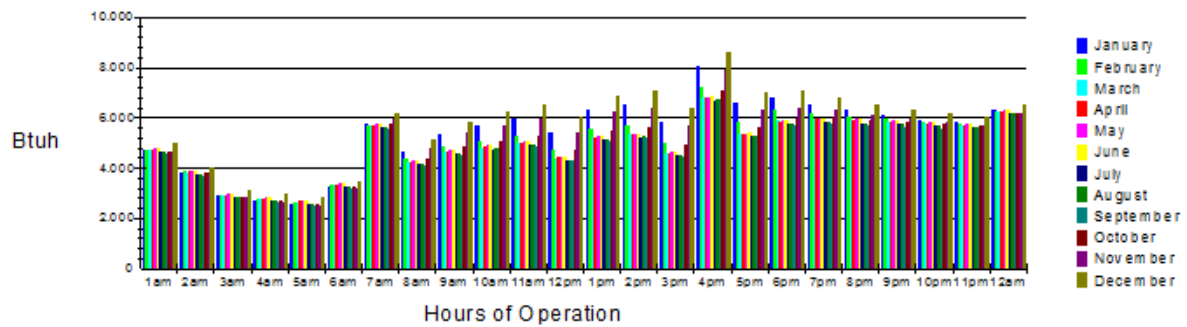
ZONA 9

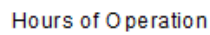


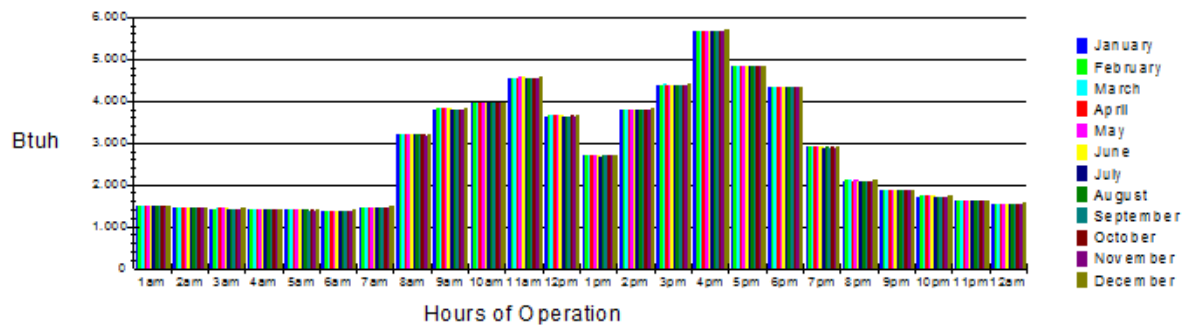


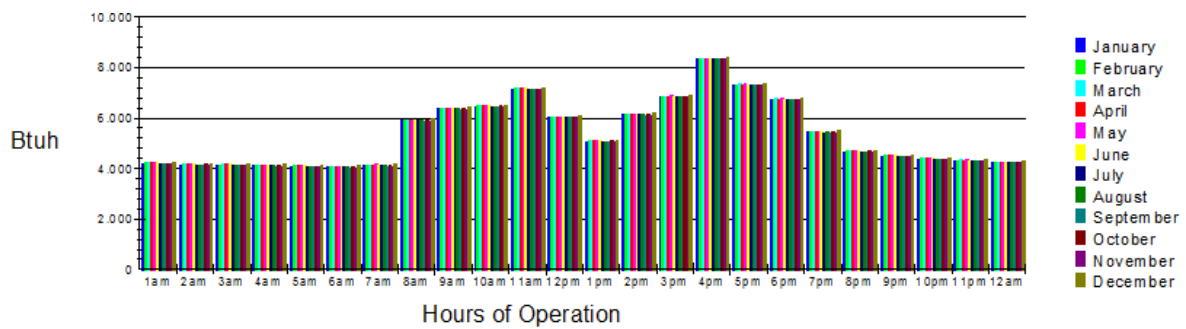


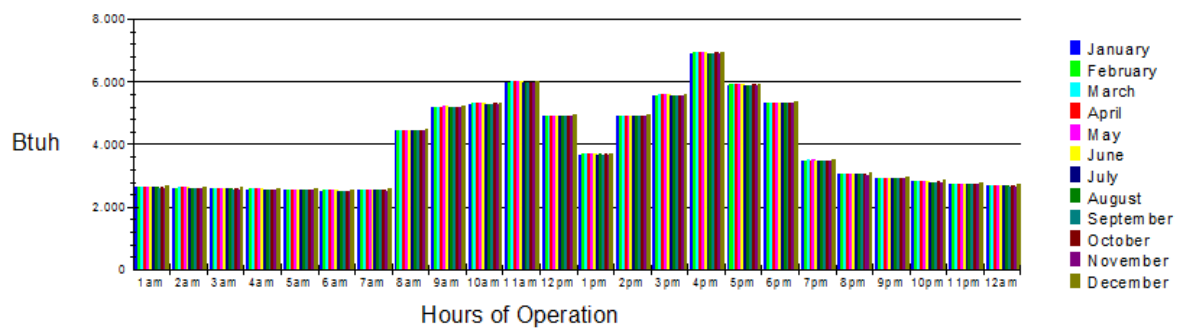
ZONA 11

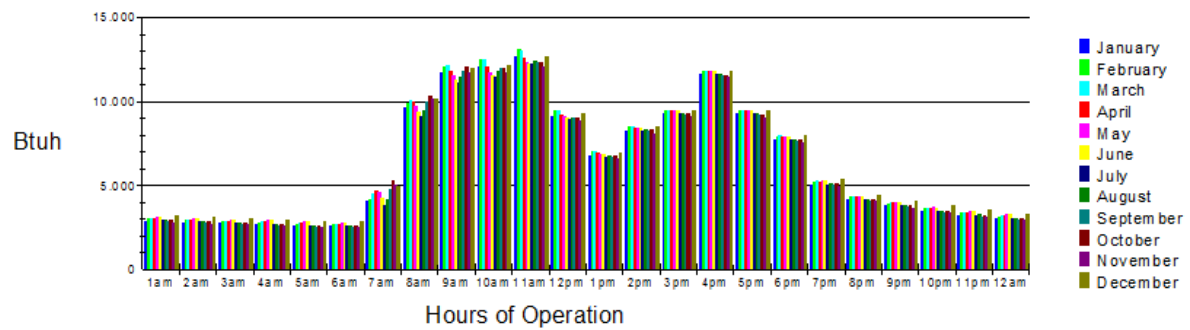


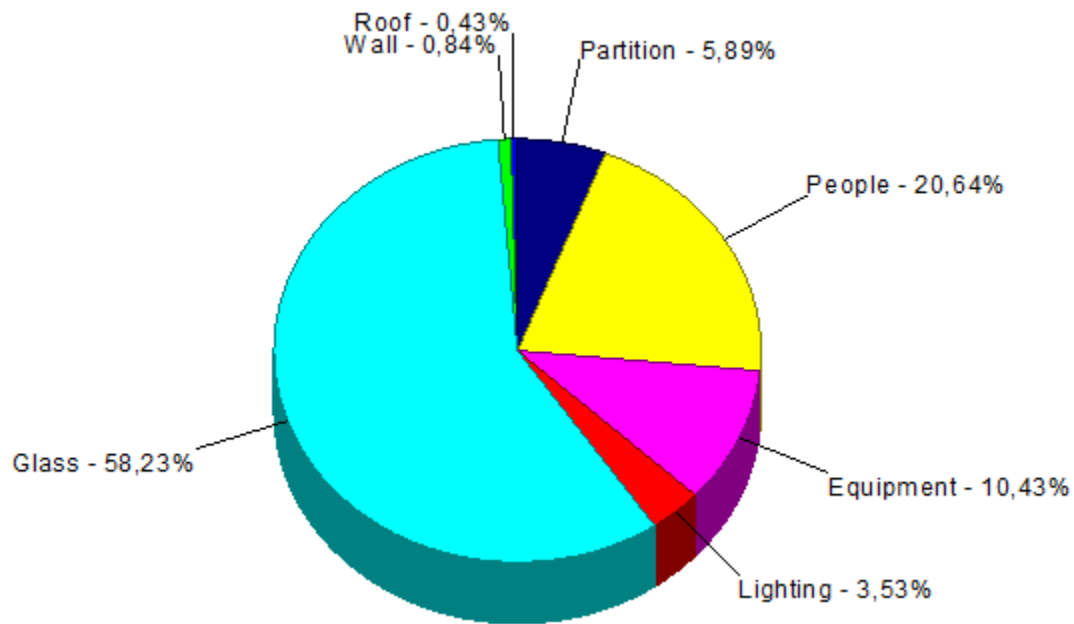




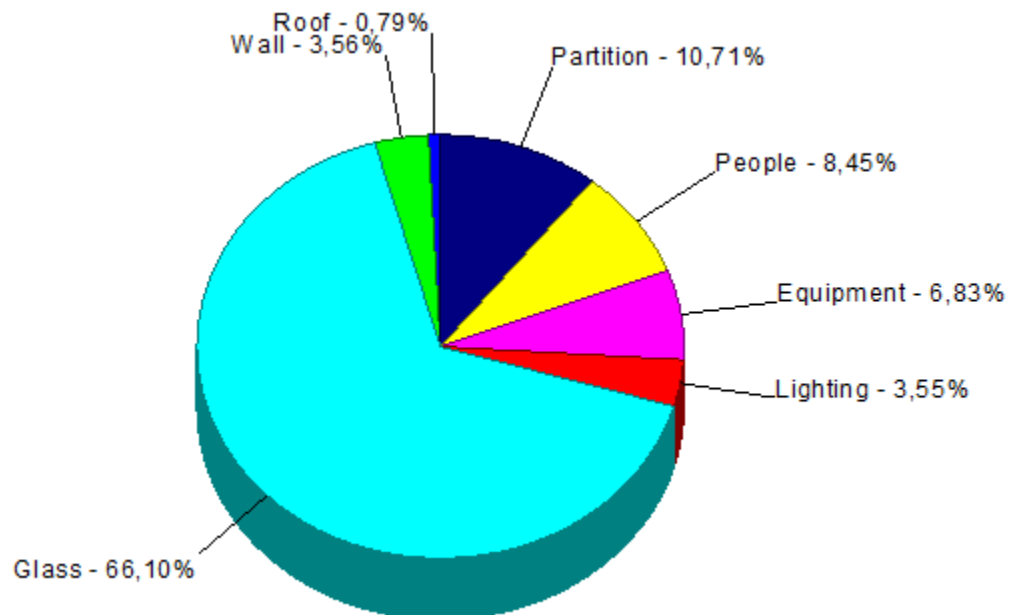
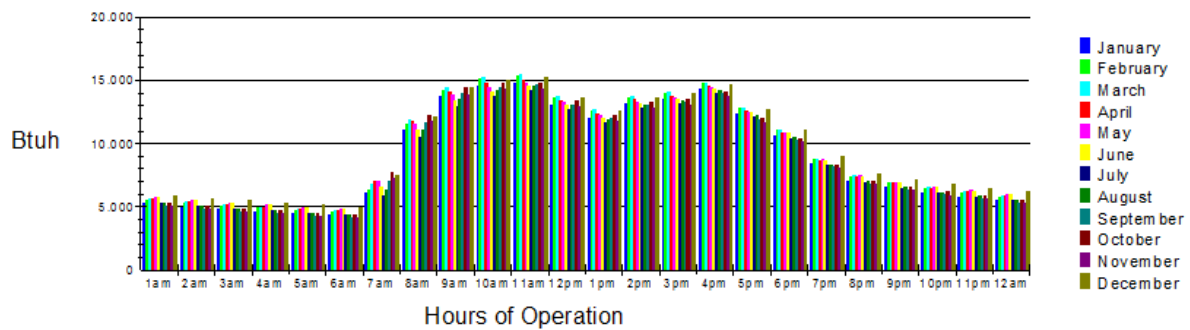




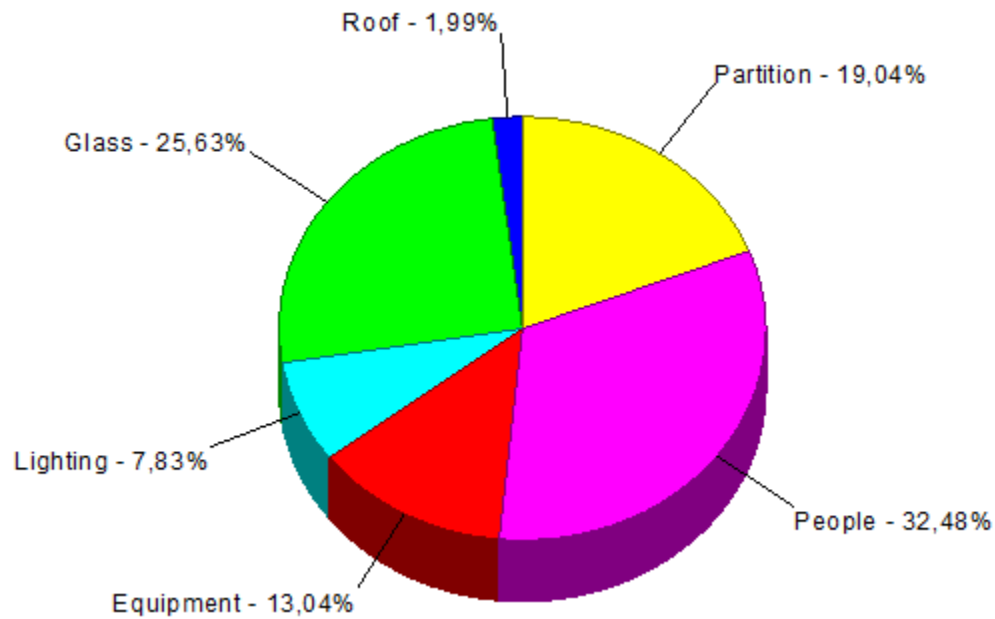
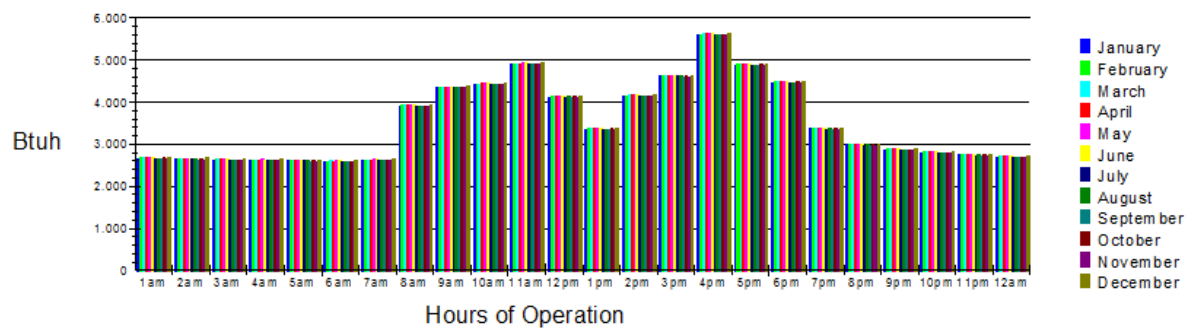




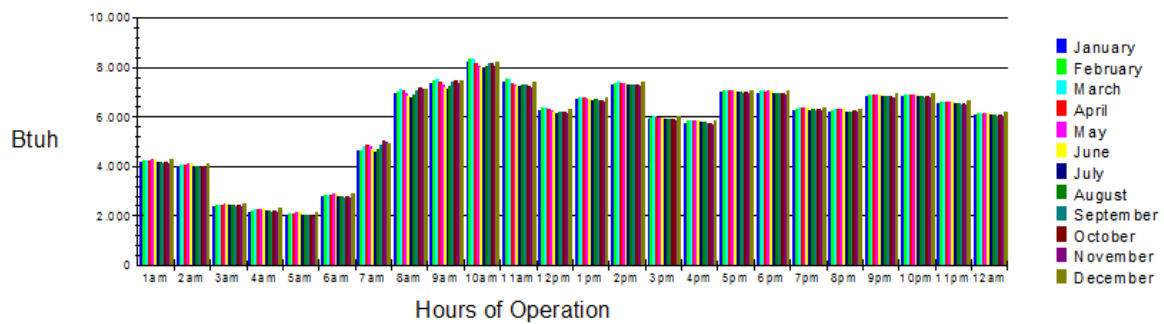
ZONA 16

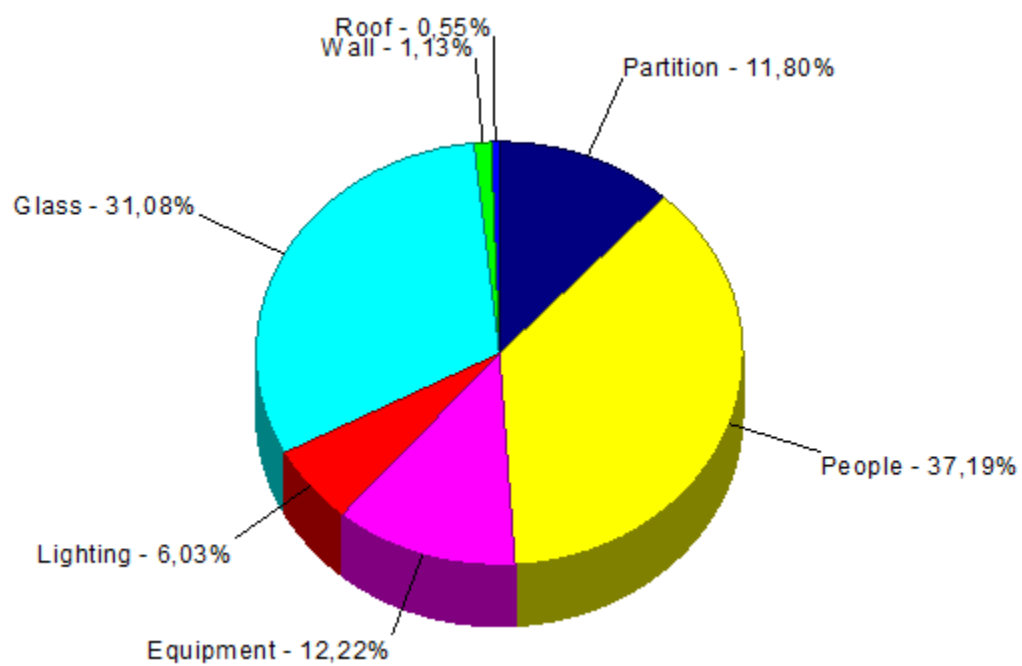


ZONA 17



ZONA 18





APÉNDICE 26

CÁLCULO DE TEMPERATURA DE ROCÍO DE ENFRIADORES SIN RECALENTAMIENTO

ZONIFICACIÓN	CALOR SENSIBLE [BTU/h]	CALOR LATENTE [BTU/h]	CALOR SENSIBLE [W] o [J/s]	CALOR LATENTE [W] o [J/s]	VENTILACIÓN [m3/h]			DENSIDAD AIRE [kg/m3]	VENTILACION (CAUDAL) MASICO [kg/s]			Calor Sensible (p=cte) [J/kg K]	Calor Latente vapor [kJ/kg]	Factor By-Pass	T AMBIENTE [°C]	T ZONA [°C]	W AMBIENTE [kgw/kg]	W ZONA [kgw/kg]	Calor Sensible Efectivo [W]			Calor Latente Efectivo [W]			
PRODUCCIÓN					MAX	MIN	REC		MAX	MIN	REC								MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	
ZONA 1	1025057,83	576460,00	300341,9453	168902,78	20327,99	6776,00	6776,00	1,22	6,889	2,296	2,296		1025	2478	0,25	32,2	24	0,02833	0,01091	314817,31	305167,07	305167,07	243242,00	193682,52	193682,52
OFICINAS																									
ZONA 2	13635,39	4750,00	3995,170329	1391,75	423,50	211,75	211,75	1,22	0,144	0,072	0,072		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	4333,52	4164,34	4164,34	2998,24	2195,00	2195,00
ZONA 3	12761,48	2295,00	3739,11262	672,435	152,46	76,23	76,23	1,22	0,052	0,026	0,026		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3860,92	3800,02	3800,02	1250,77	961,60	961,60
ZONA 4	5988,44	760,00	1754,612238	222,68	67,76	33,88	33,88	1,22	0,023	0,011	0,011		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1808,75	1781,68	1781,68	479,72	351,20	351,20
ZONA 5	12337,71	2470,00	3614,948612	723,71	220,22	110,11	110,11	1,22	0,075	0,037	0,037		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3790,89	3702,92	3702,92	1559,09	1141,40	1141,40
ZONA 6	11087,37	1785,00	3248,600835	523,005	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3343,34	3295,97	3295,97	972,82	747,91	747,91
ZONA 7	2515,89	570,00	737,1566647	167,01	50,82	25,41	25,41	1,22	0,017	0,009	0,009		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	777,76	757,46	757,46	359,79	263,40	263,40
ZONA 8	5465,28	765,00	1601,32695	224,145	50,82	25,41	25,41	1,22	0,017	0,009	0,009		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1641,93	1621,63	1621,63	416,92	320,53	320,53
ZONA 9	10764,95	1140,00	3154,13012	334,02	101,64	50,82	50,82	1,22	0,034	0,017	0,017		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3235,33	3194,73	3194,73	719,58	526,80	526,80
ZONA 10	11676,55	3060,00	3421,228629	896,58	203,28	101,64	101,64	1,22	0,069	0,034	0,034		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3582,43	3502,43	3502,43	1667,70	1282,14	1282,14
ZONA 11	6224,72	1275,00	1823,841988	373,575	84,70	42,35	42,35	1,22	0,029	0,014	0,014		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1891,51	1857,68	1857,68	694,87	534,22	534,22
ZONA 12	10959,85	3315,00	3211,236822	971,295	220,22	110,11	110,11	1,22	0,075	0,037	0,037		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3387,18	3299,21	3299,21	1806,67	1388,98	1388,98
ZONA 13	7339,95	1330,00	2150,605393	389,69	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	2245,34	2197,97	2197,97	839,51	614,60	614,60
ZONA 14	6175,34	1330,00	1809,374263	389,69	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1904,11	1856,74	1856,74	839,51	614,60	614,60
ZONA 15	11722,90	2805,00	3434,808341	821,865	186,34	93,17	93,17	1,22	0,063	0,032	0,032		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3583,68	3509,24	3509,24	1528,72	1175,29	1175,29
ZONA 16	15641,18	1120,00	4582,867073	328,16	135,52	0,00	0,00	1,22	0,046	0,000	0,000		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	4691,14	4582,87	4582,87	842,24	328,16	328,16
ZONA 17	4809,52	950,00	1409,188439	278,35	84,70	42,35	42,35	1,22	0,029	0,014	0,014		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1476,86	1443,02	1443,02	599,65	439,00	439,00
ZONA 18	6314,22	1520,00	1850,067544	445,36	135,52	67,76	67,76	1,22	0,046	0,023	0,023		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	1958,34	1904,20	1904,20	959,44	702,40	702,40
			0	0																					
ZONA 19	10519,19	4266,22	3082,122284	1250,001464	127,05	42,35	84,70	1,22	0,043	0,014	0,029		1025	2478	0,25	32,2	21	0,02833	0,00852	3205,69	3123,31	3164,50	1778,55	1426,18	1602,37
ZONA 20	10101,69	5091,90	2959,79411	1491,9267	279,51	93,17	186,34	1,22	0,095	0,032	0,063		1025	2478	0,25	32,2	21	0,02833	0,00852	3231,65	3050,41	3141,03	2654,73	1879,53	2267,13
ZONA 21	11137,89	4845,16	3263,401931	1419,632686	228,69	76,23	152,46	1,22	0,078	0,026	0,052		1025	2478	0,25	32,2	21	0,02833	0,00852	3485,83	3337,01	3411,69	2371,01	1736,76	2053,89
ZONA 22	5120,81	1791,15	1500,398552	524,80695	101,64	33,88	67,76	1,22	0,034	0,011	0,023		1025	2478	0,25	32,2	21	0,02833	0,00852	1599,25	1533,35	1566,30	947,64	665,75	806,70
ZONA 23	10871,12	560,00	3185,239014	164,08	101,64	0,00	0,00	1,22	0,034	0,000	0,000		1025	2478	0,25	32,2	23	0,02833	0,01026	3266,44	3185,24	3185,24	549,64	164,08	164,08

ZONIFICACIÓN	FCSE			Temperatura Rocío Enfriador [°C]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	0,56	0,61	0,61	N/A	7,00	7,00
OFICINAS						
ZONA 2	0,59	0,65	0,65	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	0,76	0,80	0,80	11,60	12,50	12,50
ZONA 4	0,79	0,84	0,84	12,40	13,30	13,30
ZONA 5	0,71	0,76	0,76	10,20	12,00	12,00
ZONA 6	0,77	0,82	0,82	12,40	13,00	13,00
ZONA 7	0,68	0,74	0,74	9,00	11,50	11,50
ZONA 8	0,80	0,83	0,83	12,50	13,20	13,20
ZONA 9	0,82	0,86	0,86	13,00	14,00	14,00
ZONA 10	0,68	0,73	0,73	9,20	11,20	11,20
ZONA 11	0,73	0,78	0,78	11,10	12,40	12,40
ZONA 12	0,65	0,70	0,70	N/A	10,20	10,20
ZONA 13	0,73	0,78	0,78	11,00	12,50	12,50
ZONA 14	0,69	0,75	0,75	10,00	11,50	11,50
ZONA 15	0,70	0,75	0,75	10,20	11,50	11,50
ZONA 16	0,85	0,93	0,93	13,50	14,20	14,20
ZONA 17	0,71	0,77	0,77	10,20	12,40	12,40
ZONA 18	0,67	0,73	0,73	N/A	11,00	11,00
LABORATORIOS						
ZONA 19	0,64	0,69	0,66	N/A	4,00	N/A
ZONA 20	0,55	0,62	0,58	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	0,60	0,66	0,62	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	0,63	0,70	0,66	N/A	4,00	N/A
ZONA 23	0,86	0,95	0,95	14,00	14,50	14,50

APÉNDICE 27

CÁLCULO DE CAUDAL DE SUMINISTRO DE ENFRIADORES SIN RECALENTAMIENTO

ZONIFICACIÓN	Carga sensible efectiva [W]	Factor By-Pass	Temperatura Interior	Temperatura Rocío de Enfriador [°C]			Caudal de aire de Suministro [m3/h]		
PRODUCCIÓN			[°C]	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
ZONA 1	300341,95	0,25	24,00	N/A	7,00	7,00	N/A	69283,03	69283,03
OFICINAS									
ZONA 2	3995,17	0,25	23,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	3739,11	0,25	23,00	11,60	12,50	12,50	1286,24	1396,49	1396,49
ZONA 4	1754,61	0,25	23,00	12,40	13,30	13,30	649,14	709,36	709,36
ZONA 5	3614,95	0,25	23,00	10,20	12,00	12,00	1107,52	1288,75	1288,75
ZONA 6	3248,60	0,25	23,00	12,40	13,00	13,00	1201,85	1273,96	1273,96
ZONA 7	737,16	0,25	23,00	9,00	11,50	11,50	206,49	251,37	251,37
ZONA 8	1601,33	0,25	23,00	12,50	13,20	13,20	598,07	640,79	640,79
ZONA 9	3154,13	0,25	23,00	13,00	14,00	14,00	1236,91	1374,35	1374,35
ZONA 10	3421,23	0,25	23,00	9,20	11,20	11,20	972,22	1137,00	1137,00
ZONA 11	1823,84	0,25	23,00	11,10	12,40	12,40	601,04	674,75	674,75
ZONA 12	3211,24	0,25	23,00	N/A	10,20	10,20	N/A	983,83	983,83
ZONA 13	2150,61	0,25	23,00	11,00	12,50	12,50	702,81	803,21	803,21
ZONA 14	1809,37	0,25	23,00	10,00	11,50	11,50	545,81	617,01	617,01
ZONA 15	3434,81	0,25	23,00	10,20	11,50	11,50	1052,33	1171,29	1171,29
ZONA 16	4582,87	0,25	23,00	13,50	14,20	14,20	1891,79	2042,28	2042,28
ZONA 17	1409,19	0,25	23,00	10,20	12,40	12,40	431,74	521,34	521,34
ZONA 18	1850,07	0,25	23,00	N/A	11,00	11,00	N/A	604,60	604,60
LABORATORIOS									
ZONA 19	3082,12	0,25	20,00	N/A	4,00	N/A	N/A	755,42	N/A
ZONA 20	2959,79	0,25	20,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	3263,40	0,25	20,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	1500,40	0,25	20,00	N/A	4,00	N/A	N/A	367,74	N/A
ZONA 23	3185,24	0,25	23,00	14,00	14,50	14,50	1387,90	1469,55	1469,55

APÉNDICE 28

CÁLCULO DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EN UNIDADES ENFRIADORAS SIN RECALENTAMIENTO

ZONIFICACIÓN	VENTILACIÓN [m³/h]			CAUDAL DE AIRE SUMINISTRO [m³/h]			T AMBIENTE [°C]	T ZONA [°C]	FACTOR BY-PASS	T ROCÍO SERPENTIN [°C]			T IN ENFRIADOR [°C]			T OUT ENFRIADOR [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kgw]			W (T OUT ENFRIADOR) [Kgw/kgw]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC				MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN	20327,99	6776,00	6776,00	N/A	69283,03	69283,03	32,2	24	0,25	N/A	7,00	7,00	N/A	24,80	24,80	N/A	11,45	11,45	N/A	0,0126	0,0126	N/A	0,0077	0,0077
OFICINAS																								
ZONA 2	423,50	211,75	211,75	N/A	N/A	N/A	32,2	23	0,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 3	152,46	76,23	76,23	1286,24	1396,49	1396,49	32,2	23	0,25	11,60	12,50	12,50	24,09	23,50	23,50	14,72	15,25	15,25	0,0123	0,0112	0,0112	0,0093	0,0094	0,0094
ZONA 4	67,76	33,88	33,88	649,14	709,36	709,36	32,2	23	0,25	12,40	13,30	13,30	23,96	23,44	23,44	15,29	15,83	15,83	0,0121	0,0111	0,0111	0,0096	0,0097	0,0097
ZONA 5	220,22	110,11	110,11	1107,52	1288,75	1288,75	32,2	23	0,25	10,20	12,00	12,00	24,83	23,79	23,79	13,86	14,95	14,95	0,0138	0,0118	0,0118	0,0091	0,0093	0,0093
ZONA 6	118,58	59,29	59,29	1201,85	1273,96	1273,96	32,2	23	0,25	12,40	13,00	13,00	23,91	23,43	23,43	15,28	15,61	15,61	0,0120	0,0111	0,0111	0,0096	0,0096	0,0096
ZONA 7	50,82	25,41	25,41	206,49	251,37	251,37	32,2	23	0,25	9,00	11,50	11,50	25,26	23,93	23,93	13,07	14,61	14,61	0,0146	0,0120	0,0120	0,0088	0,0092	0,0092
ZONA 8	50,82	25,41	25,41	598,07	640,79	640,79	32,2	23	0,25	12,50	13,20	13,20	23,78	23,36	23,36	15,32	15,74	15,74	0,0118	0,0109	0,0109	0,0095	0,0097	0,0097
ZONA 9	101,64	50,82	50,82	1236,91	1374,35	1374,35	32,2	23	0,25	13,00	14,00	14,00	23,76	23,34	23,34	15,69	16,34	16,34	0,0117	0,0109	0,0109	0,0097	0,0100	0,0100
ZONA 10	203,28	101,64	101,64	972,22	1137,00	1137,00	32,2	23	0,25	9,20	11,20	11,20	24,92	23,82	23,82	13,13	14,36	14,36	0,0139	0,0118	0,0118	0,0088	0,0090	0,0090
ZONA 11	84,70	42,35	42,35	601,04	674,75	674,75	32,2	23	0,25	11,10	12,40	12,40	24,30	23,58	23,58	14,40	15,19	15,19	0,0127	0,0114	0,0114	0,0092	0,0094	0,0094
ZONA 12	220,22	110,11	110,11	N/A	983,83	983,83	32,2	23	0,25	N/A	10,20	10,20	N/A	24,03	24,03	N/A	13,66	13,66	N/A	0,0122	0,0122	N/A	0,0087	0,0087
ZONA 13	118,58	59,29	59,29	702,81	803,21	803,21	32,2	23	0,25	11,00	12,50	12,50	24,55	23,68	23,68	14,39	15,29	15,29	0,0132	0,0116	0,0116	0,0093	0,0095	0,0095
ZONA 14	118,58	59,29	59,29	545,81	617,01	617,01	32,2	23	0,25	10,00	11,50	11,50	25,00	23,88	23,88	13,75	14,60	14,60	0,0141	0,0119	0,0119	0,0091	0,0092	0,0092
ZONA 15	186,34	93,17	93,17	1052,33	1171,29	1171,29	32,2	23	0,25	10,20	11,50	11,50	24,63	23,73	23,73	13,81	14,56	14,56	0,0134	0,0116	0,0116	0,0090	0,0091	0,0091
ZONA 16	135,52	0,00	0,00	1891,79	2042,28	2042,28	32,2	23	0,25	13,50	14,20	14,20	23,66	23,00	23,00	16,04	16,40	16,40	0,0115	0,0103	0,0103	0,0099	0,0100	0,0100
ZONA 17	84,70	42,35	42,35	431,74	521,34	521,34	32,2	23	0,25	10,20	12,40	12,40	24,80	23,75	23,75	13,85	15,24	15,24	0,0137	0,0117	0,0117	0,0091	0,0095	0,0095
ZONA 18	135,52	67,76	67,76	N/A	604,60	604,60	32,2	23	0,25	N/A	11,00	11,00	N/A	24,03	24,03	N/A	14,26	14,26	N/A	0,0122	0,0122	N/A	0,0090	0,0090
LABORATORIOS																								
ZONA 19	127,05	42,35	84,70	N/A	755,42	N/A	32,2	20	0,25	N/A	4,00	N/A	N/A	20,68	N/A	N/A	8,17	N/A	N/A	0,0096	N/A	N/A	0,0061	N/A
ZONA 20	279,51	93,17	186,34	N/A	N/A	N/A	32,2	20	0,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 21	228,69	76,23	152,46	N/A	N/A	N/A	32,2	20	0,25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ZONA 22	101,64	33,88	67,76	N/A	367,74	N/A	32,2	20	0,25	N/A	4,00	N/A	N/A	21,12	N/A	N/A	8,28	N/A	N/A	0,0103	N/A	N/A	0,0062	N/A
ZONA 23	101,64	0,00	0,00	1387,90	1469,55	1469,55	32,2	23	0,25	14,00	14,50	14,50	23,67	23,00	23,00	16,42	16,63	16,63	0,0115	0,0103	0,0103	0,0102	0,0101	0,0101

APÉNDICE 29

CÁLCULO DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EN UNIDADES ENFRIADORAS CON RECALENTAMIENTO

ZONA	Calor Sensible	Cpm	T ZONA	T OUT ENFRIADOR [°C]			DENSIDAD AIRE	Caudal de aire de Suministro [m3/h]		
	[kW]	[kJ/kg °C]	[°C]	MAX	MIN	REC	[kg/m3]	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN										
ZONA 1	249,80	1,025	24,00	17	-	-	1,2	104445,76	-	-
OFICINAS										
ZONA 2	2,65	1,025	23,00	20	17	17	1,2	2582,80	1291,40	1291,40
ZONA 12	2,43	1,025	23,00	17,5	-	-	1,2	1295,36	-	-
ZONA 18	1,42	1,025	23,00	17,5	-	-	1,2	755,00	-	-
LABORATORIOS										
ZONA 19	2,68	1,025	20,00	15	-	14	1,2	1567,48	-	1306,24
ZONA 20	2,07	1,025	20,00	17	16	16,5	1,2	2019,75	1514,81	1731,22
ZONA 21	2,54	1,025	20,00	17	16	16,5	1,2	2473,75	1855,31	2120,35
ZONA 22	1,18	1,025	20,00	16	-	15	1,2	861,17	-	688,93

ZONA	Caudal de aire de Suministro [m3/h]			VENTILACIÓN [m3/h]			T Ambiente	T ZONA	T IN [°C]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	[°C]	[°C]	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN											
ZONA 1	104445,76	-	-	20327,99	6776,00	13551,99	32,2	24,00	25,60	-	-
OFICINAS											
ZONA 2	2582,80	1291,40	1291,40	423,50	211,75	211,75	32,2	23,00	24,51	24,51	24,51
ZONA 12	1295,36	-	-	220,22	-	-	32,2	23,00	24,56	-	-
ZONA 18	755,00	-	-	135,52	-	-	32,2	23,00	24,65	-	-
LABORATORIOS											
ZONA 19	1567,48	-	1306,24	127,05	42,35	84,70	32,2	20,00	20,99	-	20,79
ZONA 20	2019,75	1514,81	1731,22	279,51	93,17	186,34	32,2	20,00	21,69	20,75	21,31
ZONA 21	2473,75	1855,31	2120,35	228,69	76,23	152,46	32,2	20,00	21,13	20,50	20,88
ZONA 22	861,17	-	688,93	101,64	33,88	67,76	32,2	20,00	21,44	-	21,20

ZONA	T ROCIO ENFIRADOR [°C]			FACTOR BY-PASS	T IN [°C]			T OUT' [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kg]			W (T OUT' ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
	MAX	MIN	REC		MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN																
ZONA 1	9,5	-	-	0,25	25,60	-	-	13,52	-	-	0,0142	-	-	0,0089	-	-
OFICINAS																
ZONA 2	11	11	11	0,25	24,51	24,51	24,51	14,38	14,38	14,38	0,0132	0,0132	0,0132	0,0092	0,0092	0,0092
ZONA 12	10,5	-	-	0,25	24,56	-	-	14,02	-	-	0,0132	-	-	0,0091	-	-
ZONA 18	11	-	-	0,25	24,65	-	-	14,41	-	-	0,0134	-	-	0,0093	-	-
LABORATORIOS																
ZONA 19	7,5	-	7,5	0,25	20,99	-	20,79	10,87	-	10,82	0,0101	-	0,0098	0,0072	-	0,0071
ZONA 20	7,5	8,5	8	0,25	21,69	20,75	21,31	11,05	11,56	11,33	0,0112	0,0097	0,0106	0,0075	0,0075	0,0075
ZONA 21	8,5	9,5	9	0,25	21,13	20,50	20,88	11,66	12,25	11,97	0,0103	0,0093	0,0099	0,0076	0,0077	0,0077
ZONA 22	8	-	8	0,25	21,44	-	21,20	11,36	-	11,30	0,0108	-	0,0104	0,0076	-	0,0075

APÉNDICE 30

CÁLCULO DE POTENCIA DE CALENTADORES

ZONA	Cpa [kJ/kg K]	hfg0 [kJ/kgw]	Cpw [kJ/kgw K]	T OUT ENFRIADOR [°C]			T OUT' [°C]			W (T OUT' ENFRIADOR) [Kgw/kgw]			ENTALPIA [kJ/kgw]						Caudal de aire de Suministro [m3/h]			POTENCIA CALENTADOR [KW]		
				MAX MIN REC			MAX MIN REC			MAX MIN REC			IN			OUT			MAX MIN REC			MAX MIN REC		
				MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN																								
ZONA 1	1,004	2500,60	1,86	17	-	-	13,52	-	-	0,0089	-	-	39,68	-	-	36,13	-	-	104445,76	-	-	122,28	-	-
ZONA 2	1,004	2500,60	1,86	20	17	17	14,38	14,38	14,38	0,0092	0,0092	0,0092	43,55	40,49	40,49	37,81	37,81	37,81	2582,80	1291,40	1291,40	4,89	1,14	1,14
ZONA 12	1,004	2500,60	1,86	17,5	-	-	14,02	-	-	0,0091	-	-	40,53	-	-	36,97	-	-	1295,36	-	-	1,52	-	-
ZONA 18	1,004	2500,60	1,86	17,5	-	-	14,41	-	-	0,0093	-	-	41,16	-	-	38,01	-	-	755,00	-	-	0,79	-	-
LABORATORIOS																								
ZONA 19	1,004	2500,60	1,86	15	-	14	10,87	-	10,82	0,0072	-	0,0071	33,30	-	32,09	29,10	-	28,85	1567,48	-	1306,24	2,17	-	1,39
ZONA 20	1,004	2500,60	1,86	17	16	16,5	11,05	11,56	11,33	0,0075	0,0075	0,0075	36,03	34,93	35,56	29,97	30,41	30,30	2019,75	1514,81	1731,22	4,04	2,26	3,01
ZONA 21	1,004	2500,60	1,86	17	16	16,5	11,66	12,25	11,97	0,0076	0,0077	0,0077	36,33	35,31	36,01	30,89	31,49	31,40	2473,75	1855,31	2120,35	4,44	2,34	3,23
ZONA 22	1,004	2500,60	1,86	16	-	15	11,36	-	11,30	0,0076	-	0,0075	35,18	-	33,93	30,46	-	30,16	861,17	-	688,93	1,34	-	0,86

APÉNDICE 31

CÁLCULO DE ENTALPÍAS DEL AIRE ACONDICIONADO

ZONIFICACIÓN	Cpa [kJ/kg K]	hfg0 [kJ/kgw]	Cpw [kJ/kgw K]	T IN ENFRIADOR [°C]			T OUT ENFRIADOR [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kgw]			W (T OUT ENFRIADOR) [Kgw/kgw]			ENTALPIA [kJ/kgw]					
				MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN																					
ZONA 1	1,004	2500,60	1,86	25,60	24,80	24,80	13,52	11,45	11,45	0,01423	0,01257	0,01257	0,00893	0,00767	0,00767	61,95	56,90	56,90	36,13	30,83	30,83
OFICINAS																					
ZONA 2	1,004	2500,60	1,86	24,51	24,51	24,51	14,38	14,38	14,38	0,01315	0,01315	0,01315	0,00925	0,00925	0,00925	58,09	58,09	58,09	37,81	37,81	37,81
ZONA 3	1,004	2500,60	1,86	24,09	23,50	23,50	14,72	15,25	15,25	0,01234	0,01122	0,01122	0,00929	0,00940	0,00940	55,61	52,13	52,13	38,28	39,09	39,09
ZONA 4	1,004	2500,60	1,86	23,96	23,44	23,44	15,29	15,83	15,83	0,01210	0,01110	0,01110	0,00958	0,00973	0,00973	54,84	51,78	51,78	39,57	40,52	40,52
ZONA 5	1,004	2500,60	1,86	24,83	23,79	23,79	13,86	14,95	14,95	0,01377	0,01177	0,01177	0,00908	0,00932	0,00932	59,99	53,84	53,84	36,86	38,58	38,58
ZONA 6	1,004	2500,60	1,86	23,91	23,43	23,43	15,28	15,61	15,61	0,01200	0,01108	0,01108	0,00955	0,00959	0,00959	54,54	51,72	51,72	39,50	39,93	39,93
ZONA 7	1,004	2500,60	1,86	25,26	23,93	23,93	13,07	14,61	14,61	0,01460	0,01204	0,01204	0,00884	0,00918	0,00918	62,55	54,66	54,66	35,44	37,86	37,86
ZONA 8	1,004	2500,60	1,86	23,78	23,36	23,36	15,32	15,74	15,74	0,01175	0,01095	0,01095	0,00953	0,00965	0,00965	53,78	51,31	51,31	39,49	40,22	40,22
ZONA 9	1,004	2500,60	1,86	23,76	23,34	23,34	15,69	16,34	16,34	0,01171	0,01091	0,01091	0,00975	0,01002	0,01002	53,66	51,19	51,19	40,41	41,75	41,75
ZONA 10	1,004	2500,60	1,86	24,92	23,82	23,82	13,13	14,36	14,36	0,01394	0,01183	0,01183	0,00875	0,00900	0,00900	60,53	54,02	54,02	35,28	37,17	37,17
ZONA 11	1,004	2500,60	1,86	24,30	23,58	23,58	14,40	15,19	15,19	0,01275	0,01137	0,01137	0,00919	0,00939	0,00939	56,85	52,60	52,60	37,68	39,01	39,01
ZONA 12	1,004	2500,60	1,86	24,56	24,03	24,03	14,02	13,66	13,66	0,01325	0,01223	0,01223	0,00906	0,00871	0,00871	58,39	55,25	55,25	36,97	35,70	35,70
ZONA 13	1,004	2500,60	1,86	24,55	23,68	23,68	14,39	15,29	15,29	0,01323	0,01156	0,01156	0,00927	0,00949	0,00949	58,33	53,19	53,19	37,87	39,35	39,35
ZONA 14	1,004	2500,60	1,86	25,00	23,88	23,88	13,75	14,60	14,60	0,01409	0,01194	0,01194	0,00909	0,00915	0,00915	61,00	54,37	54,37	36,76	37,80	37,80
ZONA 15	1,004	2500,60	1,86	24,63	23,73	23,73	13,81	14,56	14,56	0,01338	0,01156	0,01156	0,00899	0,00908	0,00908	58,80	53,24	53,24	36,57	37,57	37,57
ZONA 16	1,004	2500,60	1,86	23,66	23,00	23,00	16,04	16,40	16,40	0,01152	0,01029	0,01029	0,00993	0,00996	0,00996	53,07	49,27	49,27	41,23	41,67	41,67
ZONA 17	1,004	2500,60	1,86	24,80	23,75	23,75	13,85	15,24	15,24	0,01371	0,01169	0,01169	0,00907	0,00948	0,00948	59,82	53,60	53,60	36,82	39,26	39,26
ZONA 18	1,004	2500,60	1,86	24,65	24,03	24,03	14,41	14,26	14,26	0,01342	0,01223	0,01223	0,00931	0,00902	0,00902	58,92	55,26	55,26	38,01	37,11	37,11
LABORATORIOS																					
ZONA 19	1,004	2500,60	1,86	20,99	20,68	20,79	10,87	8,17	10,82	0,01007	0,00959	0,00976	0,00721	0,00607	0,00714	46,66	45,10	45,65	29,10	23,47	28,85
ZONA 20	1,004	2500,60	1,86	21,69	20,75	21,31	11,05	11,56	11,33	0,01118	0,00970	0,01058	0,00749	0,00746	0,00751	50,18	45,45	48,27	29,97	30,41	30,30
ZONA 21	1,004	2500,60	1,86	21,13	20,50	20,88	11,66	12,25	11,97	0,01029	0,00930	0,00990	0,00761	0,00772	0,00768	47,36	44,20	46,10	30,89	31,77	31,40
ZONA 22	1,004	2500,60	1,86	21,44	21,12	21,20	11,36	8,28	11,30	0,01078	0,01028	0,01040	0,00756	0,00624	0,00746	48,92	47,31	47,71	30,46	24,01	30,16
ZONA 23	1,004	2500,60	1,86	23,67	23,00	23,00	16,42	16,63	16,63	0,01154	0,01028	0,01028	0,01017	0,01010	0,01010	53,14	49,25	49,25	42,24	42,27	42,27

APÉNDICE 32

CÁLCULO DE POTENCIA FRIGORÍFICA DE ENFRIADORES DE AIRE

					ENTALPIA [kJ/kga]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
--	--	--	--	--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

APÉNDICE 33

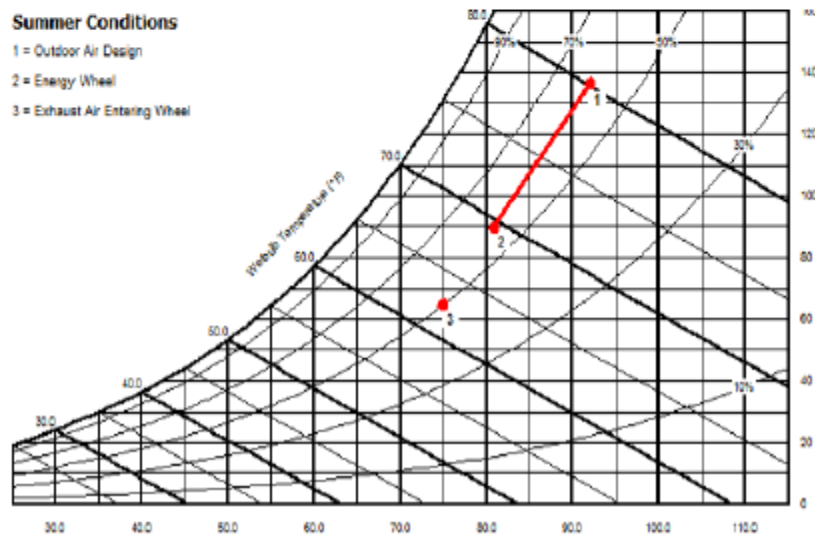
REMPORTE ENTREGADO POR GREENHECK CAPS PROGRAM

Outdoor Air Side			
Volume (CFM)	980		
Effectiveness	65.1		
	Entering Air		Leaving Air
	Summer		Summer
Dry Bulb (F)	92.0	Dry Bulb (F)	80.9
Wet Bulb (F)	80.0	Wet Bulb (F)	69.5
Spec. Humidity (gr/lb)	136	Spec. Humidity (gr/lb)	90
Enthalpy (BTU/lb)	43.5	Enthalpy (BTU/lb)	33.5

Return Air Side			
Volume (CFM)	880		
Effectiveness	72.5		
	Entering Air		Leaving Air
	Summer		Summer
Dry Bulb (F)	75.0	Dry Bulb (F)	87.3
Rel. Humidity (%)	50.0	Wet Bulb (F)	76.0
Spec. Humidity (gr/lb)	65	Spec. Humidity (gr/lb)	117
Enthalpy (BTU/lb)	28.1	Enthalpy (BTU/lb)	39.3

Summer Conditions

- 1 = Outdoor Air Design
- 2 = Energy Wheel
- 3 = Exhaust Air Entering Wheel



APÉNDICE 34

ESTUDIO PSICROMÉTRICO MEDIANTE USO DE DATOS ENTREGADOS POR EL RECUPERADOR DE ENERGÍA

ZONIFICACIÓN	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	VENTILACIÓN [m³/h]			DENSIDAD AIRE	VENTILACION (CAUDAL) MASICO [kg/s]			Calor Sensible (p=cte)	Calor Latente vapor	Factor By-Pass	T AMBIENTE	T ZONA [°C]	W AMBIENTE	W ZONA	Calor Sensible Efectivo [W]			Calor Latente Efectivo [W]		
	[BTU/h]	[BTU/h]	[W] o [l/s]	[W] o [l/s]	MAX	MIN	REC	[kg/m³]	MAX	MIN	REC	[l/kg K]	[kJ/kg]		[°C]	[°C]	[kgw/kga]	[kgw/kga]	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN																								
ZONA 1	1025057,83	576460,00	300341,9453	168902,78	20327,99	6776,00	6776,00	1,22	6,889	2,296	2,296	1025	2478	0,25	27,17	24	0,01244	0,01091	305937,91	302207,27	302207,27	175416,52	171074,03	171074,03
OFICINAS																								
ZONA 2	13635,39	4750,00	3995,170329	1391,75	423,50	211,75	211,75	1,22	0,144	0,072	0,072	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	4148,53	4071,85	4071,85	1585,21	1488,48	1488,48
ZONA 3	12761,48	2295,00	3739,11262	672,435	152,46	76,23	76,23	1,22	0,052	0,026	0,026	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3794,32	3766,72	3766,72	742,08	707,26	707,26
ZONA 4	5988,44	760,00	1754,612238	222,68	67,76	33,88	33,88	1,22	0,023	0,011	0,011	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1779,15	1766,88	1766,88	253,63	238,16	238,16
ZONA 5	12337,71	2470,00	3614,948612	723,71	220,22	110,11	110,11	1,22	0,075	0,037	0,037	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3694,70	3654,82	3654,82	824,31	774,01	774,01
ZONA 6	11087,37	1785,00	3248,600835	523,005	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3291,54	3270,07	3270,07	577,17	550,09	550,09
ZONA 7	2515,89	570,00	737,1566647	167,01	50,82	25,41	25,41	1,22	0,017	0,009	0,009	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	755,56	746,36	746,36	190,23	178,62	178,62
ZONA 8	5465,28	765,00	1601,32695	224,145	50,82	25,41	25,41	1,22	0,017	0,009	0,009	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1619,73	1610,53	1610,53	247,36	235,75	235,75
ZONA 9	10764,95	1140,00	3154,13012	334,02	101,64	50,82	50,82	1,22	0,034	0,017	0,017	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3190,94	3172,53	3172,53	380,45	357,24	357,24
ZONA 10	11676,55	3060,00	3421,228629	896,58	203,28	101,64	101,64	1,22	0,069	0,034	0,034	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3494,84	3458,03	3458,03	989,44	943,01	943,01
ZONA 11	6224,72	1275,00	1823,841988	373,575	84,70	42,35	42,35	1,22	0,029	0,014	0,014	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1854,51	1839,18	1839,18	412,27	392,92	392,92
ZONA 12	10959,85	3315,00	3211,236822	971,295	220,22	110,11	110,11	1,22	0,075	0,037	0,037	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3290,98	3251,11	3251,11	1071,90	1021,60	1021,60
ZONA 13	7339,95	1330,00	2150,605393	389,69	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	2193,55	2172,08	2172,08	443,86	416,77	416,77
ZONA 14	6175,34	1330,00	1809,374263	389,69	118,58	59,29	59,29	1,22	0,040	0,020	0,020	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1852,31	1830,84	1830,84	443,86	416,77	416,77
ZONA 15	11722,90	2805,00	3434,808341	821,865	186,34	93,17	93,17	1,22	0,063	0,032	0,032	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3502,29	3468,55	3468,55	906,99	864,43	864,43
ZONA 16	15641,18	1120,00	4582,867073	328,16	135,52	0,00	0,00	1,22	0,046	0,000	0,000	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	4631,94	4582,87	4582,87	390,07	328,16	328,16
ZONA 17	4809,52	950,00	1409,188439	278,35	84,70	42,35	42,35	1,22	0,029	0,014	0,014	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1439,86	1424,52	1424,52	317,04	297,70	297,70
ZONA 18	6314,22	1520,00	1850,067544	445,36	135,52	67,76	67,76	1,22	0,046	0,023	0,023	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	1899,14	1874,61	1874,61	507,27	476,31	476,31
			0	0																				
ZONA 19	10519,19	4266,22	3082,122284	1250,001464	127,05	42,35	84,70	1,22	0,043	0,014	0,029	1025	2478	0,25	27,17	21	0,01244	0,00852	3150,20	3104,81	3127,50	1354,64	1284,88	1319,76
ZONA 20	10101,69	5091,90	2959,79411	1491,9267	279,51	93,17	186,34	1,22	0,095	0,032	0,063	1025	2478	0,25	27,17	21	0,01244	0,00852	3109,56	3009,71	3059,64	1722,13	1568,66	1645,39
ZONA 21	11137,89	4845,16	3263,401931	1419,632686	228,69	76,23	152,46	1,22	0,078	0,026	0,052	1025	2478	0,25	27,17	21	0,01244	0,00852	3385,93	3304,25	3345,09	1607,98	1482,41	1545,20
ZONA 22	5120,81	1791,15	1500,398552	524,80695	101,64	33,88	67,76	1,22	0,034	0,011	0,023	1025	2478	0,25	27,17	21	0,01244	0,00852	1554,86	1518,55	1536,70	608,52	552,71	580,61
ZONA 23	10871,12	560,00	3185,239014	164,08	101,64	0,00	0,00	1,22	0,034	0,000	0,000	1025	2478	0,25	27,17	23	0,01244	0,01026	3222,05	3185,24	3185,24	210,51	164,08	164,08

ZONIFICACIÓN	FCSE			Temperatura Rocío Enfriador [°C]		
	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
PRODUCCIÓN						
ZONA 1	0,64	0,64	0,64	9,50	9,50	9,50
OFICINAS						
ZONA 2	0,72	0,73	0,73	10,90	11,00	11,00
ZONA 3	0,84	0,84	0,84	13,30	13,30	13,30
ZONA 4	0,88	0,88	0,88	13,80	13,80	13,80
ZONA 5	0,82	0,83	0,83	13,20	13,20	13,20
ZONA 6	0,85	0,86	0,86	13,50	13,50	13,50
ZONA 7	0,80	0,81	0,81	13,10	13,10	13,10
ZONA 8	0,87	0,87	0,87	13,70	13,70	13,70
ZONA 9	0,89	0,90	0,90	13,90	13,90	13,90
ZONA 10	0,78	0,79	0,79	13,00	13,00	13,00
ZONA 11	0,82	0,82	0,82	13,20	13,20	13,20
ZONA 12	0,75	0,76	0,76	11,30	11,40	11,40
ZONA 13	0,83	0,84	0,84	13,30	13,30	13,30
ZONA 14	0,81	0,81	0,81	13,10	13,10	13,10
ZONA 15	0,79	0,80	0,80	13,00	13,10	13,10
ZONA 16	0,92	0,93	0,93	14,20	14,20	14,20
ZONA 17	0,82	0,83	0,83	13,20	13,20	13,20
ZONA 18	0,79	0,80	0,80	13,00	13,10	13,10
LABORATORIOS						
ZONA 19	0,70	0,71	0,70	5,00	5,00	5,00
ZONA 20	0,64	0,66	0,65	2,00	2,50	2,00
ZONA 21	0,68	0,69	0,68	4,00	4,00	4,00
ZONA 22	0,72	0,73	0,73	6,50	6,50	6,50
ZONA 23	0,94	0,95	0,95	14,50	14,50	14,50

ZONIFICACIÓN	Carga sensible efectiva [W]	Factor By-Pass	Temperatura Interior	Temperatura Rocío de Enfriador [°C]			Caudal de aire de Suministro [m3/h]		
PRODUCCIÓN			[°C]	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
ZONA 1	300341,95	0,25	24,00	9,50	9,50	9,50	81228,38	81228,38	81228,38
OFICINAS									
ZONA 2	3995,17	0,25	23,00	10,90	11,00	11,00	1294,82	1305,61	1305,61
ZONA 3	3739,11	0,25	23,00	13,30	13,30	13,30	1511,67	1511,67	1511,67
ZONA 4	1754,61	0,25	23,00	13,80	13,80	13,80	747,92	747,92	747,92
ZONA 5	3614,95	0,25	23,00	13,20	13,20	13,20	1446,56	1446,56	1446,56
ZONA 6	3248,60	0,25	23,00	13,50	13,50	13,50	1341,01	1341,01	1341,01
ZONA 7	737,16	0,25	23,00	13,10	13,10	13,10	292,00	292,00	292,00
ZONA 8	1601,33	0,25	23,00	13,70	13,70	13,70	675,24	675,24	675,24
ZONA 9	3154,13	0,25	23,00	13,90	13,90	13,90	1359,25	1359,25	1359,25
ZONA 10	3421,23	0,25	23,00	13,00	13,00	13,00	1341,66	1341,66	1341,66
ZONA 11	1823,84	0,25	23,00	13,20	13,20	13,20	729,83	729,83	729,83
ZONA 12	3211,24	0,25	23,00	11,30	11,40	11,40	1076,33	1085,61	1085,61
ZONA 13	2150,61	0,25	23,00	13,30	13,30	13,30	869,46	869,46	869,46
ZONA 14	1809,37	0,25	23,00	13,10	13,10	13,10	716,73	716,73	716,73
ZONA 15	3434,81	0,25	23,00	13,00	13,10	13,10	1346,98	1360,59	1360,59
ZONA 16	4582,87	0,25	23,00	14,20	14,20	14,20	2042,28	2042,28	2042,28
ZONA 17	1409,19	0,25	23,00	13,20	13,20	13,20	563,90	563,90	563,90
ZONA 18	1850,07	0,25	23,00	13,00	13,10	13,10	725,52	732,85	732,85
LABORATORIOS									
ZONA 19	3082,12	0,25	20,00	5,00	5,00	5,00	805,78	805,78	805,78
ZONA 20	2959,79	0,25	20,00	2,00	2,50	2,00	644,84	663,26	644,84
ZONA 21	3263,40	0,25	20,00	4,00	4,00	4,00	799,85	799,85	799,85
ZONA 22	1500,40	0,25	20,00	6,50	6,50	6,50	435,85	435,85	435,85
ZONA 23	3185,24	0,25	23,00	14,50	14,50	14,50	1469,55	1469,55	1469,55

ZONIFICACIÓN	VENTILACIÓN [m3/h]			CAUDAL DE AIRE SUMINISTRO [m3/h]			T AMBIENTE [°C]	T ZONA [°C]	FACTOR BY-PASS	T ROCÍO SERPENTIN [°C]				T IN ENFRIADOR [°C]			T OUT ENFRIADOR [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kg]			W (T OUT ENFRIADOR) [Kgw/kg]		
PRODUCCIÓN	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC				MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	
ZONA 1	20327,99	6776,00	6776,00	81228,38	81228,38	81228,38	27,17	24	0,25	9,50	9,50	9,50	24,79	24,26	24,26	13,32	13,19	13,19	0,0113	0,0110	0,0110	0,0082	0,0081	0,0081	
OFICINAS																									
ZONA 2	423,50	211,75	211,75	1294,82	1305,61	1305,61	27,17	23	0,25	10,90	11,00	11,00	24,36	23,68	23,68	14,27	14,17	14,17	0,0110	0,0106	0,0106	0,0087	0,0086	0,0086	
ZONA 3	152,46	76,23	76,23	1511,67	1511,67	1511,67	27,17	23	0,25	13,30	13,30	13,30	23,42	23,21	23,21	15,83	15,78	15,78	0,0105	0,0104	0,0104	0,0095	0,0095	0,0095	
ZONA 4	67,76	33,88	33,88	747,92	747,92	747,92	27,17	23	0,25	13,80	13,80	13,80	23,38	23,19	23,19	16,19	16,15	16,15	0,0105	0,0104	0,0104	0,0098	0,0098	0,0098	
ZONA 5	220,22	110,11	110,11	1446,56	1446,56	1446,56	27,17	23	0,25	13,20	13,20	13,20	23,63	23,32	23,32	15,81	15,73	15,73	0,0106	0,0104	0,0104	0,0096	0,0095	0,0095	
ZONA 6	118,58	59,29	59,29	1341,01	1341,01	1341,01	27,17	23	0,25	13,50	13,50	13,50	23,37	23,18	23,18	15,97	15,92	15,92	0,0105	0,0104	0,0104	0,0097	0,0096	0,0096	
ZONA 7	50,82	25,41	25,41	292,00	292,00	292,00	27,17	23	0,25	13,10	13,10	13,10	23,73	23,36	23,36	15,76	15,67	15,67	0,0106	0,0105	0,0105	0,0095	0,0095	0,0095	
ZONA 8	50,82	25,41	25,41	675,24	675,24	675,24	27,17	23	0,25	13,70	13,70	13,70	23,31	23,16	23,16	16,10	16,06	16,06	0,0104	0,0103	0,0103	0,0098	0,0097	0,0097	
ZONA 9	101,64	50,82	50,82	1359,25	1359,25	1359,25	27,17	23	0,25	13,90	13,90	13,90	23,31	23,16	23,16	16,25	16,21	16,21	0,0104	0,0103	0,0103	0,0098	0,0098	0,0098	
ZONA 10	203,28	101,64	101,64	1341,66	1341,66	1341,66	27,17	23	0,25	13,00	13,00	13,00	23,63	23,32	23,32	15,66	15,58	15,58	0,0106	0,0104	0,0104	0,0095	0,0094	0,0094	
ZONA 11	84,70	42,35	42,35	729,83	729,83	729,83	27,17	23	0,25	13,20	13,20	13,20	23,48	23,24	23,24	15,77	15,71	15,71	0,0105	0,0104	0,0104	0,0095	0,0095	0,0095	
ZONA 12	220,22	110,11	110,11	1076,33	1085,61	1085,61	27,17	23	0,25	11,30	11,40	11,40	23,85	23,42	23,42	14,44	14,41	14,41	0,0107	0,0105	0,0105	0,0088	0,0088	0,0088	
ZONA 13	118,58	59,29	59,29	869,46	869,46	869,46	27,17	23	0,25	13,30	13,30	13,30	23,57	23,28	23,28	15,87	15,80	15,80	0,0106	0,0104	0,0104	0,0096	0,0096	0,0096	
ZONA 14	118,58	59,29	59,29	716,73	716,73	716,73	27,17	23	0,25	13,10	13,10	13,10	23,69	23,34	23,34	15,75	15,66	15,66	0,0106	0,0104	0,0104	0,0095	0,0095	0,0095	
ZONA 15	186,34	93,17	93,17	1346,98	1360,59	1360,59	27,17	23	0,25	13,00	13,10	13,10	23,58	23,29	23,29	15,64	15,65	15,65	0,0106	0,0104	0,0104	0,0095	0,0095	0,0095	
ZONA 16	135,52	0,00	0,00	2042,28	2042,28	2042,28	27,17	23	0,25	14,20	14,20	14,20	23,28	23,00	23,00	16,47	16,40	16,40	0,0104	0,0103	0,0103	0,0100	0,0100	0,0100	
ZONA 17	84,70	42,35	42,35	563,90	563,90	563,90	27,17	23	0,25	13,20	13,20	13,20	23,63	23,31	23,31	15,81	15,73	15,73	0,0106	0,0104	0,0104	0,0096	0,0095	0,0095	
ZONA 18	135,52	67,76	67,76	725,52	732,85	732,85	27,17	23	0,25	13,00	13,10	13,10	23,78	23,39	23,39	15,69	15,67	15,67	0,0107	0,0105	0,0105	0,0095	0,0095	0,0095	
LABORATORIOS																									
ZONA 19	127,05	42,35	84,70	805,78	805,78	805,78	27,17	20	0,25	5,00	5,00	5,00	21,13	20,38	20,75	9,03	8,84	8,94	0,0091	0,0087	0,0089	0,0062	0,0061	0,0062	
ZONA 20	279,51	93,17	186,34	644,84	663,26	644,84	27,17	20	0,25	2,00	2,50	2,00	23,11	21,01	22,07	7,28	7,13	7,02	0,0102	0,0091	0,0096	0,0057	0,0056	0,0056	
ZONA 21	228,69	76,23	152,46	799,85	799,85	799,85	27,17	20	0,25	4,00	4,00	4,00	22,05	20,68	21,37	8,51	8,17	8,34	0,0096	0,0089	0,0093	0,0061	0,0059	0,0060	
ZONA 22	101,64	33,88	67,76	435,85	435,85	435,85	27,17	20	0,25	6,50	6,50	6,50	21,67	20,56	21,11	10,29	10,01	10,15	0,0094	0,0088	0,0091	0,0067	0,0066	0,0067	
ZONA 23	101,64	0,00	0,00	1469,55	1469,55	1469,55	27,17	23	0,25	14,50	14,50	14,50	23,29	23,00	23,00	16,70	16,63	16,63	0,0104	0,0103	0,0103	0,0101	0,0101	0,0101	

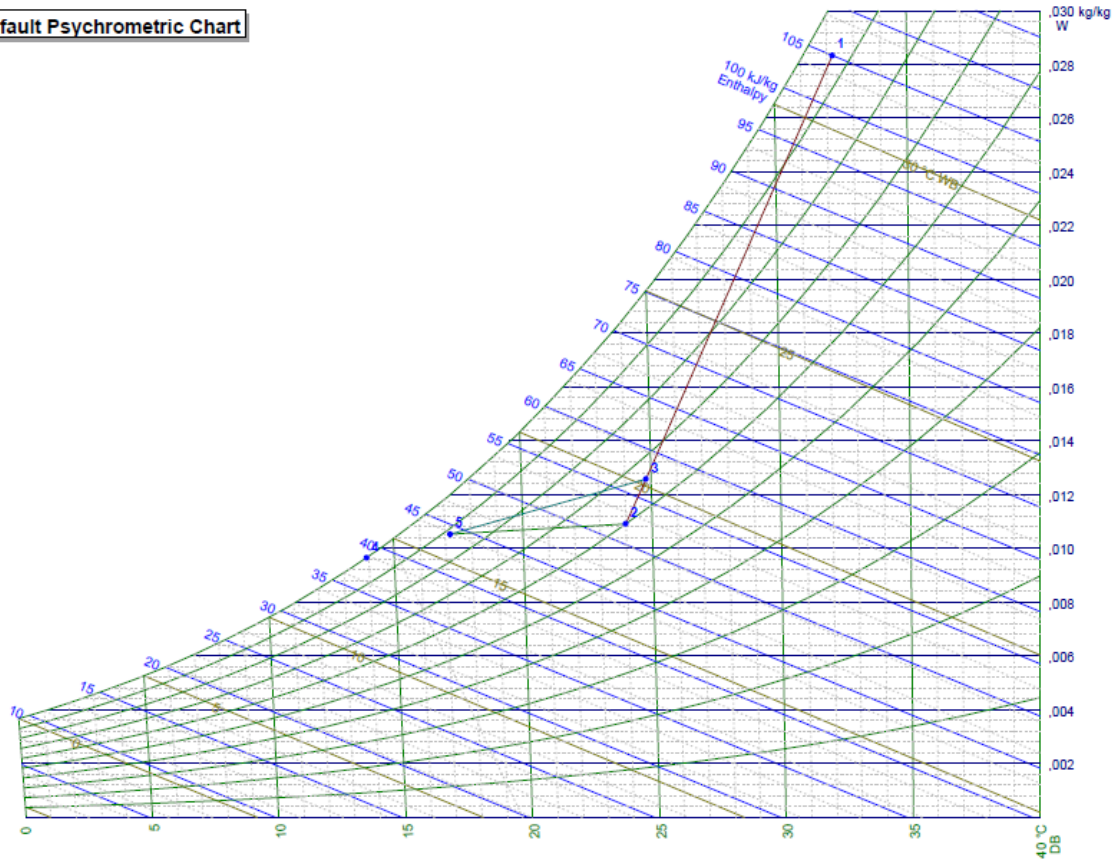
																			ENTALPIA [kJ/kga]					
ZONIFICACIÓN	Cpa [kJ/kg K]	hfg0 [kJ/kgw]	Cpw [kJ/kgw K]	T IN ENFRIADOR [°C]			T OUT ENFRIADOR [°C]			W (T IN ENFRIADOR) [Kgw/kg]			W (T OUT ENFRIADOR) [Kgw/kg]						IN			OUT		
PRODUCCIÓN				MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC
ZONA 1	1,004	2500,60	1,86	24,79	24,26	24,26	13,32	13,19	13,19	0,01129	0,01100	0,01100	0,00821	0,00810	0,00810	53,65	52,36	52,36	34,11	33,70	33,70			
OFICINAS																								
ZONA 2	1,004	2500,60	1,86	24,36	23,68	23,68	14,27	14,17	14,17	0,01097	0,01061	0,01061	0,00867	0,00862	0,00862	52,40	50,77	50,77	36,23	36,01	36,01			
ZONA 3	1,004	2500,60	1,86	23,42	23,21	23,21	15,83	15,78	15,78	0,01048	0,01037	0,01037	0,00954	0,00952	0,00952	50,18	49,69	49,69	40,04	39,91	39,91			
ZONA 4	1,004	2500,60	1,86	23,38	23,19	23,19	16,19	16,15	16,15	0,01046	0,01036	0,01036	0,00981	0,00978	0,00978	50,09	49,64	49,64	41,08	40,97	40,97			
ZONA 5	1,004	2500,60	1,86	23,63	23,32	23,32	15,81	15,73	15,73	0,01059	0,01043	0,01043	0,00956	0,00952	0,00952	50,68	49,95	49,95	40,06	39,88	39,88			
ZONA 6	1,004	2500,60	1,86	23,37	23,18	23,18	15,97	15,92	15,92	0,01046	0,01036	0,01036	0,00967	0,00964	0,00964	50,06	49,62	49,62	40,49	40,38	40,38			
ZONA 7	1,004	2500,60	1,86	23,73	23,36	23,36	15,76	15,67	15,67	0,01064	0,01045	0,01045	0,00953	0,00948	0,00948	50,91	50,04	50,04	39,93	39,71	39,71			
ZONA 8	1,004	2500,60	1,86	23,31	23,16	23,16	16,10	16,06	16,06	0,01043	0,01035	0,01035	0,00975	0,00973	0,00973	49,93	49,57	49,57	40,85	40,76	40,76			
ZONA 9	1,004	2500,60	1,86	23,31	23,16	23,16	16,25	16,21	16,21	0,01043	0,01035	0,01035	0,00985	0,00983	0,00983	49,93	49,57	49,57	41,24	41,15	41,15			
ZONA 10	1,004	2500,60	1,86	23,63	23,32	23,32	15,66	15,58	15,58	0,01059	0,01043	0,01043	0,00947	0,00943	0,00943	50,68	49,94	49,94	39,68	39,49	39,49			
ZONA 11	1,004	2500,60	1,86	23,48	23,24	23,24	15,77	15,71	15,71	0,01051	0,01039	0,01039	0,00954	0,00951	0,00951	50,33	49,76	49,76	39,97	39,83	39,83			
ZONA 12	1,004	2500,60	1,86	23,85	23,42	23,42	14,44	14,41	14,41	0,01071	0,01048	0,01048	0,00876	0,00875	0,00875	51,20	50,19	50,19	36,65	36,58	36,58			
ZONA 13	1,004	2500,60	1,86	23,57	23,28	23,28	15,87	15,80	15,80	0,01056	0,01041	0,01041	0,00960	0,00956	0,00956	50,53	49,87	49,87	40,22	40,05	40,05			
ZONA 14	1,004	2500,60	1,86	23,69	23,34	23,34	15,75	15,66	15,66	0,01062	0,01044	0,01044	0,00952	0,00948	0,00948	50,82	50,00	50,00	39,90	39,70	39,70			
ZONA 15	1,004	2500,60	1,86	23,58	23,29	23,29	15,64	15,65	15,65	0,01057	0,01041	0,01041	0,00946	0,00947	0,00947	50,55	49,87	49,87	39,64	39,67	39,67			
ZONA 16	1,004	2500,60	1,86	23,28	23,00	23,00	16,47	16,40	16,40	0,01041	0,01027	0,01027	0,00999	0,00995	0,00995	49,85	49,21	49,21	41,82	41,66	41,66			
ZONA 17	1,004	2500,60	1,86	23,63	23,31	23,31	15,81	15,73	15,73	0,01059	0,01043	0,01043	0,00956	0,00952	0,00952	50,67	49,93	49,93	40,06	39,87	39,87			
ZONA 18	1,004	2500,60	1,86	23,78	23,39	23,39	15,69	15,67	15,67	0,01067	0,01047	0,01047	0,00949	0,00948	0,00948	51,03	50,11	50,11	39,76	39,73	39,73			
LABORATORIOS																								
ZONA 19	1,004	2500,60	1,86	21,13	20,38	20,75	9,03	8,84	8,94	0,00913	0,00872	0,00892	0,00623	0,00612	0,00618	44,41	42,60	43,50	24,74	24,30	24,52			
ZONA 20	1,004	2500,60	1,86	23,11	21,01	22,07	7,28	7,13	7,02	0,01021	0,00907	0,00964	0,00573	0,00557	0,00559	49,18	44,12	46,67	21,71	21,15	21,10			
ZONA 21	1,004	2500,60	1,86	22,05	20,68	21,37	8,51	8,17	8,34	0,00963	0,00889	0,00926	0,00608	0,00590	0,00599	46,62	43,33	44,98	23,85	23,04	23,44			
ZONA 22	1,004	2500,60	1,86	21,67	20,56	21,11	10,29	10,01	10,15	0,00943	0,00882	0,00912	0,00674	0,00659	0,00666	45,71	43,04	44,36	27,31	26,65	26,98			
ZONA 23	1,004	2500,60	1,86	23,29	23,00	23,00	16,70	16,63	16,63	0,01041	0,01027	0,01027	0,01014	0,01010	0,01010	49,88	49,21	49,21	42,43	42,26	42,26			

					ENTALPIA [kJ/kga]																				
ZONIFICACIÓN	COEFICIENTE	CAUDAL DE AIRE DE SUMINISTRO [m3/h]			IN			OUT			POTENCIA FRIGORIFICA [W]			POTENCIA FRIGORIFICA [BTU/h]			POTENCIA FRIGORIFICA [TR]			POTENCIA FRIGORIFICA [kW]					
PRODUCCIÓN		MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC	MAX	MIN	REC			
ZONA 1	0,33	81228,38	81228,38	81228,38	53,65	52,36	52,36	34,11	33,70	33,70	523954,92	500377,79	500377,79	1788242,06	1707774,03	1707774,03	149,02	142,31	142,31	523,95	500,38	500,38			
OFICINAS																									
ZONA 2	0,33	1294,82	1305,61	1305,61	52,40	50,77	50,77	36,23	36,01	36,01	6906,76	6361,69	6361,69	23572,57	21712,26	21712,26	1,96	1,81	1,81	6,91	6,36	6,36			
ZONA 3	0,33	1511,67	1511,67	1511,67	50,18	49,69	49,69	40,04	39,91	39,91	5061,19	4876,77	4876,77	17273,69	16644,27	16644,27	1,44	1,39	1,39	5,06	4,88	4,88			
ZONA 4	0,33	747,92	747,92	747,92	50,09	49,64	49,64	41,08	40,97	40,97	2222,53	2139,66	2139,66	7585,42	7302,60	7302,60	0,63	0,61	0,61	2,22	2,14	2,14			
ZONA 5	0,33	1446,56	1446,56	1446,56	50,68	49,95	49,95	40,06	39,88	39,88	5069,00	4805,63	4805,63	17300,34	16401,47	16401,47	1,44	1,37	1,37	5,07	4,81	4,81			
ZONA 6	0,33	1341,01	1341,01	1341,01	50,06	49,62	49,62	40,49	40,38	40,38	4236,84	4090,82	4090,82	14460,20	13961,86	13961,86	1,21	1,16	1,16	4,24	4,09	4,09			
ZONA 7	0,33	292,00	292,00	292,00	50,91	50,04	50,04	39,93	39,71	39,71	1058,10	995,64	995,64	3611,26	3398,10	3398,10	0,30	0,28	0,28	1,06	1,00	1,00			
ZONA 8	0,33	675,24	675,24	675,24	49,93	49,57	49,57	40,85	40,76	40,76	2023,77	1963,79	1963,79	6907,08	6702,37	6702,37	0,58	0,56	0,56	2,02	1,96	1,96			
ZONA 9	0,33	1359,25	1359,25	1359,25	49,93	49,57	49,57	41,24	41,15	41,15	3896,36	3775,94	3775,94	13298,15	12887,17	12887,17	1,11	1,07	1,07	3,90	3,78	3,78			
ZONA 10	0,33	1341,66	1341,66	1341,66	50,68	49,94	49,94	39,68	39,49	39,49	4870,43	4626,68	4626,68	16622,64	15790,71	15790,71	1,39	1,32	1,32	4,87	4,63	4,63			
ZONA 11	0,33	729,83	729,83	729,83	50,33	49,76	49,76	39,97	39,83	39,83	2493,73	2391,43	2391,43	8511,04	8161,87	8161,87	0,71	0,68	0,68	2,49	2,39	2,39			
ZONA 12	0,33	1076,33	1085,61	1085,61	51,20	50,19	50,19	36,65	36,58	36,58	5166,98	4874,28	4874,28	17634,76	16635,78	16635,78	1,47	1,39	1,39	5,17	4,87	4,87			
ZONA 13	0,33	869,46	869,46	869,46	50,53	49,87	49,87	40,22	40,05	40,05	2959,59	2816,96	2816,96	10100,99	9614,20	9614,20	0,84	0,80	0,80	2,96	2,82	2,82			
ZONA 14	0,33	716,73	716,73	716,73	50,82	50,00	50,00	39,90	39,70	39,70	2581,18	2436,24	2436,24	8809,49	8314,82	8314,82	0,73	0,69	0,69	2,58	2,44	2,44			
ZONA 15	0,33	1346,98	1360,59	1360,59	50,55	49,87	49,87	39,64	39,67	39,67	4850,01	4581,63	4581,63	16552,93	15636,96	15636,96	1,38	1,30	1,30	4,85	4,58	4,58			
ZONA 16	0,33	2042,28	2042,28	2042,28	49,85	49,21	49,21	41,82	41,66	41,66	5413,65	5089,81	5089,81	18476,61	17371,36	17371,36	1,54	1,45	1,45	5,41	5,09	5,09			
ZONA 17	0,33	563,90	563,90	563,90	50,67	49,93	49,93	40,06	39,87	39,87	1974,77	1870,72	1870,72	6739,84	6384,72	6384,72	0,56	0,53	0,53	1,97	1,87	1,87			
ZONA 18	0,33	725,52	732,85	732,85	51,03	50,11	50,11	39,76	39,73	39,73	2697,24	2510,81	2510,81	9205,60	8569,31	8569,31	0,77	0,71	0,71	2,70	2,51	2,51			
LABORATORIOS																									
ZONA 19	0,33	805,78	805,78	805,78	44,41	42,60	43,50	24,74	24,30	24,52	5229,43	4868,19	5046,45	17847,88	16614,98	17223,37	1,49	1,38	1,44	5,23	4,87	5,05			
ZONA 20	0,33	644,84	663,26	644,84	49,18	44,12	46,67	21,71	21,15	21,10	5843,43	5027,39	5441,45	19943,46	17158,34	18571,49	1,66	1,43	1,55	5,84	5,03	5,44			
ZONA 21	0,33	799,85	799,85	799,85	46,62	43,33	44,98	23,85	23,04	23,44	6011,88	5356,61	5685,55	20518,38	18281,96	19404,60	1,71	1,52	1,62	6,01	5,36	5,69			
ZONA 22	0,33	435,85	435,85	435,85	45,71	43,04	44,36	27,31	26,65	26,98	2646,19	2356,88	2500,60	9031,37	8043,97	8534,46	0,75	0,67	0,71	2,65	2,36	2,50			
ZONA 23	0,33	1469,55	1469,55	1469,55	49,88	49,21	49,21	42,43	42,26	42,26	3612,11	3369,86	3369,86	12328,03	11501,22	11501,22	1,03	0,96	0,96	3,61	3,37	3,37			

APÉNDICE 35

RESULTADOS DE ANÁLISIS PSICROMETRICO MEDIANTE EL USO DE PSYCHART V2.01.06

Default Psychrometric Chart



State Point Report

Point Name	Dry Bulb Temp. °C	Wet Bulb Temp. °C	Relative Humidity %	Enthalpy of Moist Air kJ/kg	Humidity Ratio kg/kg	Specific Volume m³/kg	Dew Point Temp. °C
1	32,20	31,33	94,00	105,00	0,0283	0,873	31,11
2	24,00	18,65	60,00	51,98	0,0109	0,826	15,77
3	24,81	20,21	65,74	57,07	0,0126	0,831	17,97
4	13,90	13,90	100,00	38,45	0,0097	0,797	13,90
5	17,17	15,94	88,30	44,01	0,0105	0,807	15,22

Process Energy Report

Process Type	From Point	To Point	Flow Std. m³/min	Sensible Heat kW	Sensible Cool kW	Latent Heat kW	Latent Cool kW	Water Added kg/hr	Total Load kW
General	5	2	2.292	320,537	0.0	44,685	0.0	63,2	365,221
Cool	3	5	2.292	0.0	359,893+	0.0	238,557+	-339,1	-598,450
Mixing	1	3	220	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0
Mixing	2	3	2.072	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0
Totals:				0,000	359,893	0,000	238,557	0,0	

Note: Only loads for processes which normally use purchased energy are included in the totals. These items are marked with a trailing plus sign ("+").

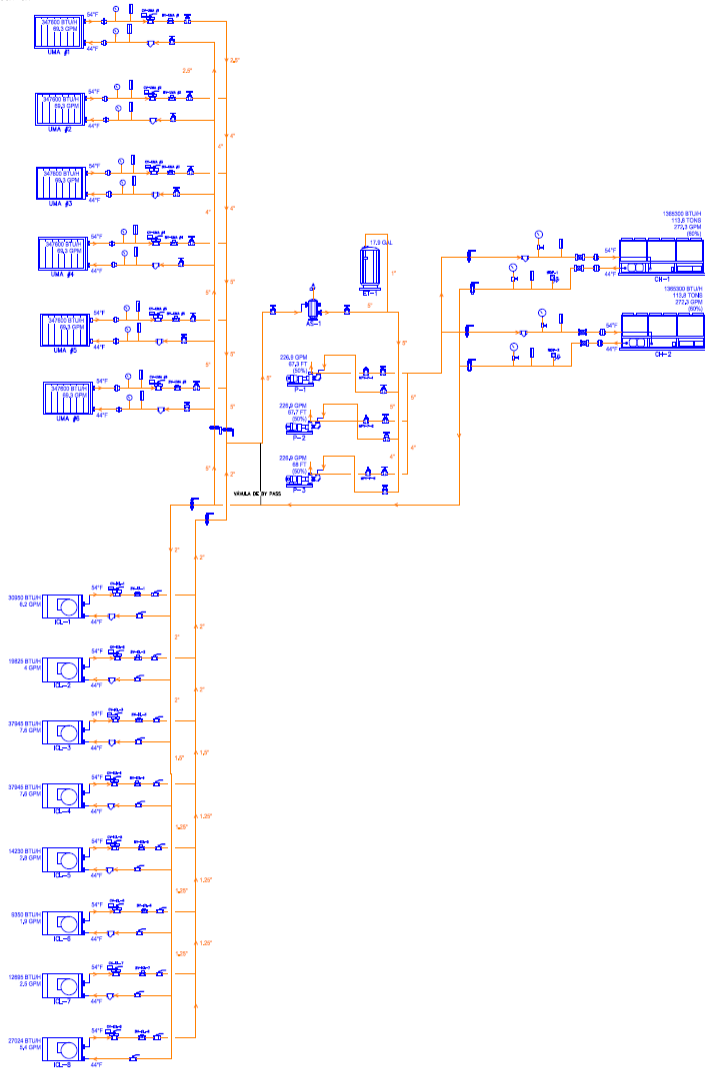
Process Input/Output Report

Process	Flow Std. m³/min	Type Or % Flow	Dry Bulb Temp. °C	Enthalpy (Moist Air) kJ/kg	Humidity Ratio kg/kg	Relative Humidity %	Wet Bulb Temp. °C	Specific Volume m³/kg
5 / 2	2.292	General	24,0	52,0	0,0109	60,0	18,6	0,826
3 / 5	2.292	Cool	17,2	44,0	0,0105	88,3	15,9	0,807
* / 3	2.292	Mixing	24,8	57,1	0,0126	65,7	20,2	0,831
1	220	9,6%	32,2	105,0	0,0283	94,0	31,3	0,873
2	2.072	90,4%	24,0	52,0	0,0109	60,0	18,6	0,826

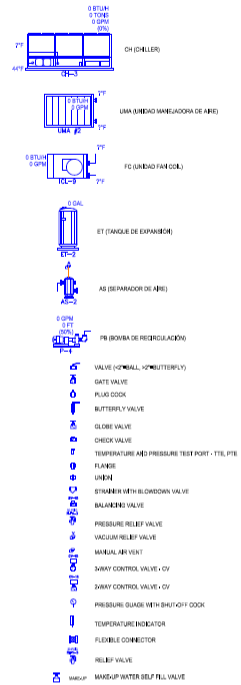
APÉNDICE 36

DIAGRAMA Y PLANOS DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON CHILLERS

NAME:
LOCATION:



PARTIAL LEGEND



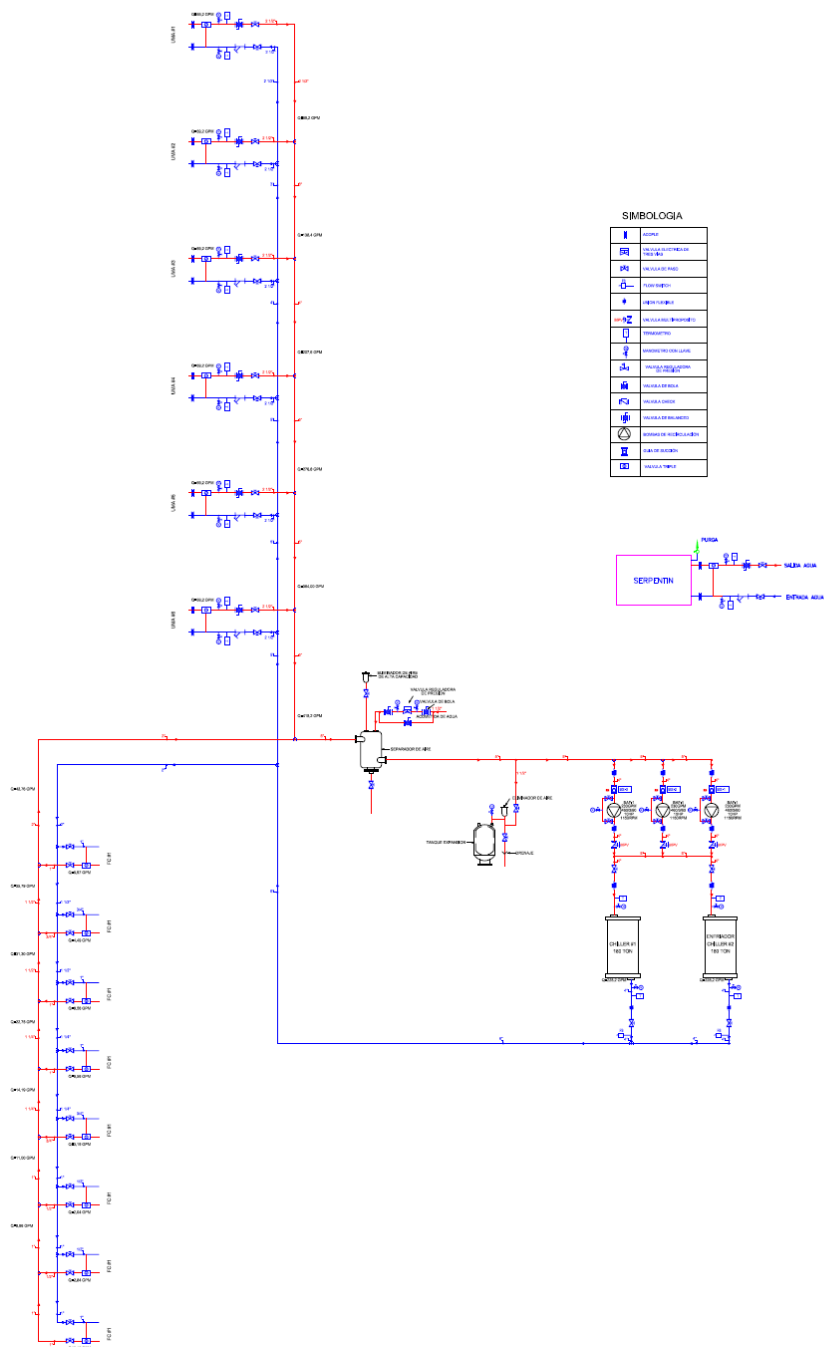
COIL BRANCH PIPE SIZES (SEE SCHEDULE FOR FLOW)

3/4"	<	1.5 GPM
1"	<	3.5 GPM
1 1/4"	<	6.5 GPM
1 1/2"	<	14 GPM
2"	<	21 GPM
2 1/2"	<	42 GPM
3"	<	86 GPM
4"	<	126 GPM
6"	<	240 GPM
8"	<	600 GPM
10"	<	1000 GPM

DIAGRAMA UNIFILAR

SIN ESCALA

SIMBOLOS		PROYECTO		TESISTAS:	
UMA	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
CH	CHILLER DE AGUA HELADA			Angel Medina S.	
BAP	BOMBA DE RECIRCULACION	ARCHIVO:	FECHA:	ESCALA:	LAMINA:
DR	REJILLA DE RETORNO	C:\Proyectos\Diseños\Planos\ .dwg	00 - ene - 2013	SIN ESCALA	A.A.-7
2T	TERMOSTATO DOBLE ETAPA				
OR	ORDENAJE				
TUB	TUBERIA DE AGUA HELADA				



SIMBOLOGIA

	SOLENOIDE
	SWITCH DE PRESIÓN
	VALVULA DE EXPANSION
	COMPRESOR
	CONDENSADOR
	EVAPORADOR
	RECEPTOR DE VAPOR
	ACUMULADOR
	VISOR DE NIVEL
	SENSOR DE TEMPERATURA
	SENSOR DE PRESIÓN
	SENSOR DE FLUJO
	VALVULA DE CONTROL

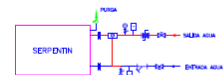
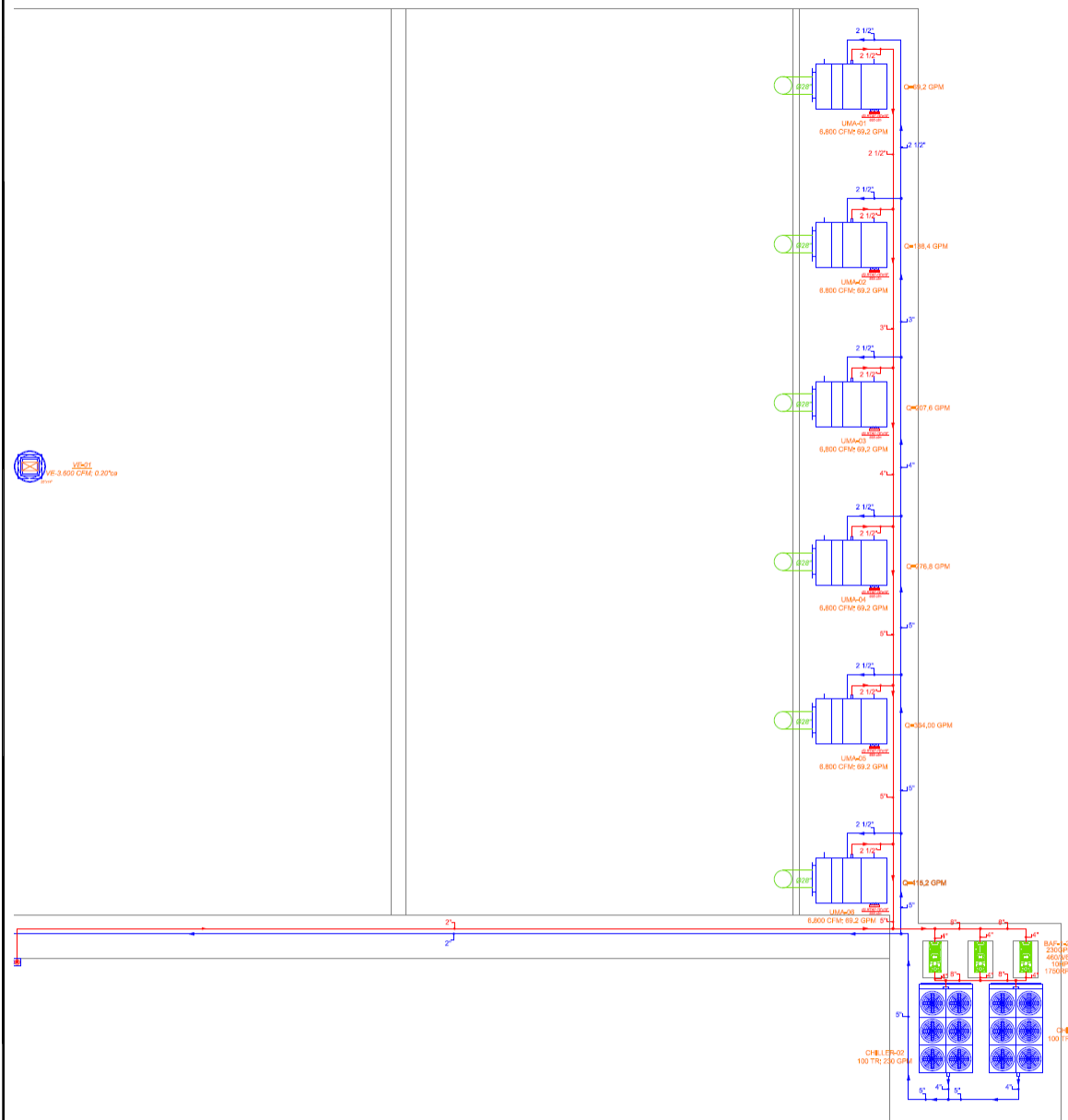


DIAGRAMA UNIFILAR SIN ESCALA

SIMBOLOS		PROYECTO		TESITARIO	
UNA	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
CH	CHILLER DE AGUA HELADA			Angel Medina S.	
BR	BOMBA DE RECIRCULACION	ARCHIVO	FECHA	ESCALA	LÁMINA
RR	REJILLA DE RETORNO	C:\Proyectos\Obras\Plano\...	00 - 01 - 2013	SIN ESCALA	A.A.-6
VT	TERMOSTATO DOBLE ETAPA				
OR	ORFEBRE				
TR	TUBERIA DE AGUA HELADA				

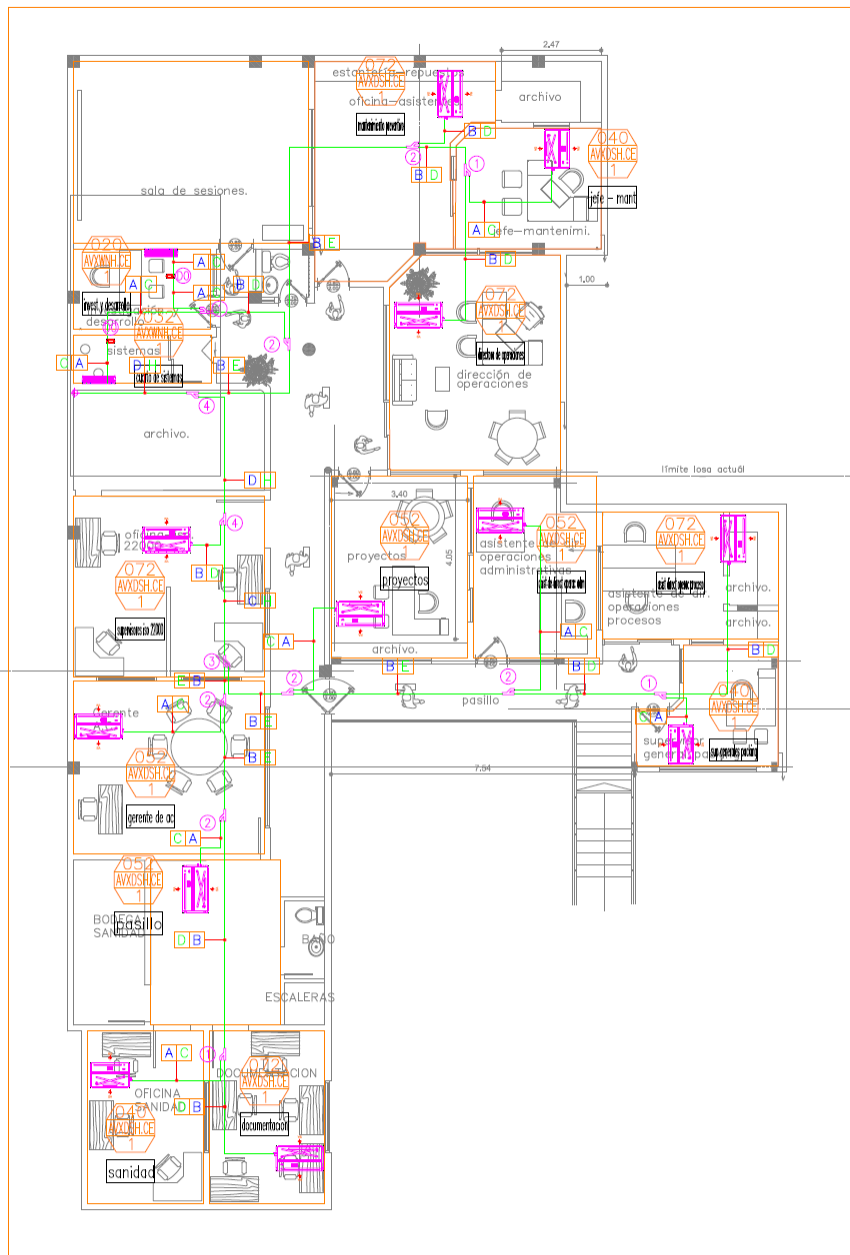


SALA DE PROCESO ESCALA 1:125

SIMBOLOS	
UMA	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE
CH	CHILLER DE AGUA HELADA
BAP	BOMBA DE RECIRCULACION
RG	REJILLA DE RETORNO
2T	TERMOSTATO DOBLE ETAPA
DN	DRENAJE
CA	TUBERIA DE AGUA HELADA

Auton	PROYECTO
	SEAFMAN S.A
	ARCHIVO: C:\Proyectos\Biosis\Planos\ .dwg
	FECHA: 00 - ene - 2013
	ESCALA: 1:100
	LABOR: A.A.-5

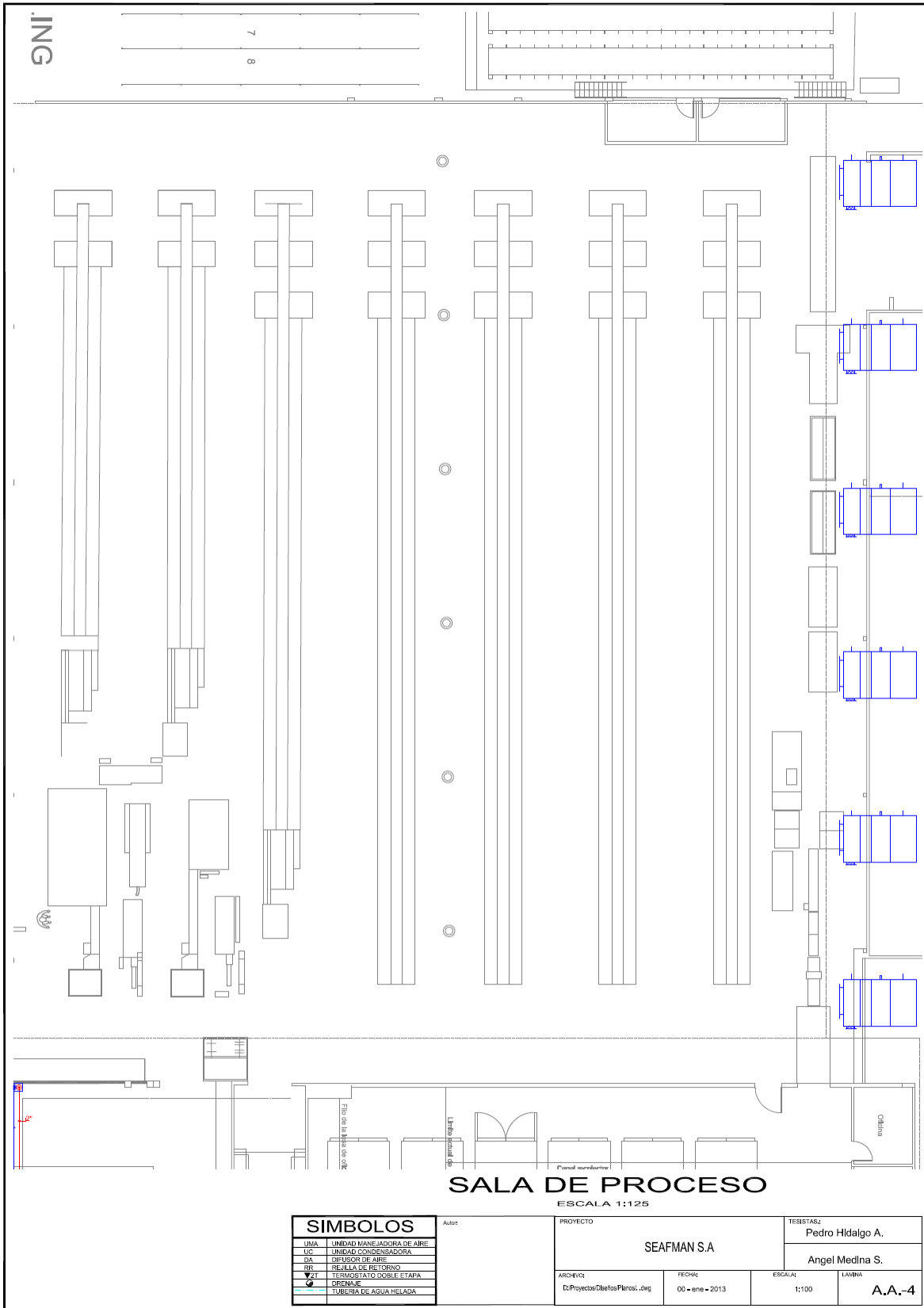
TESISTAS:	
Pedro Hidalgo A.	
Angel Medina S.	

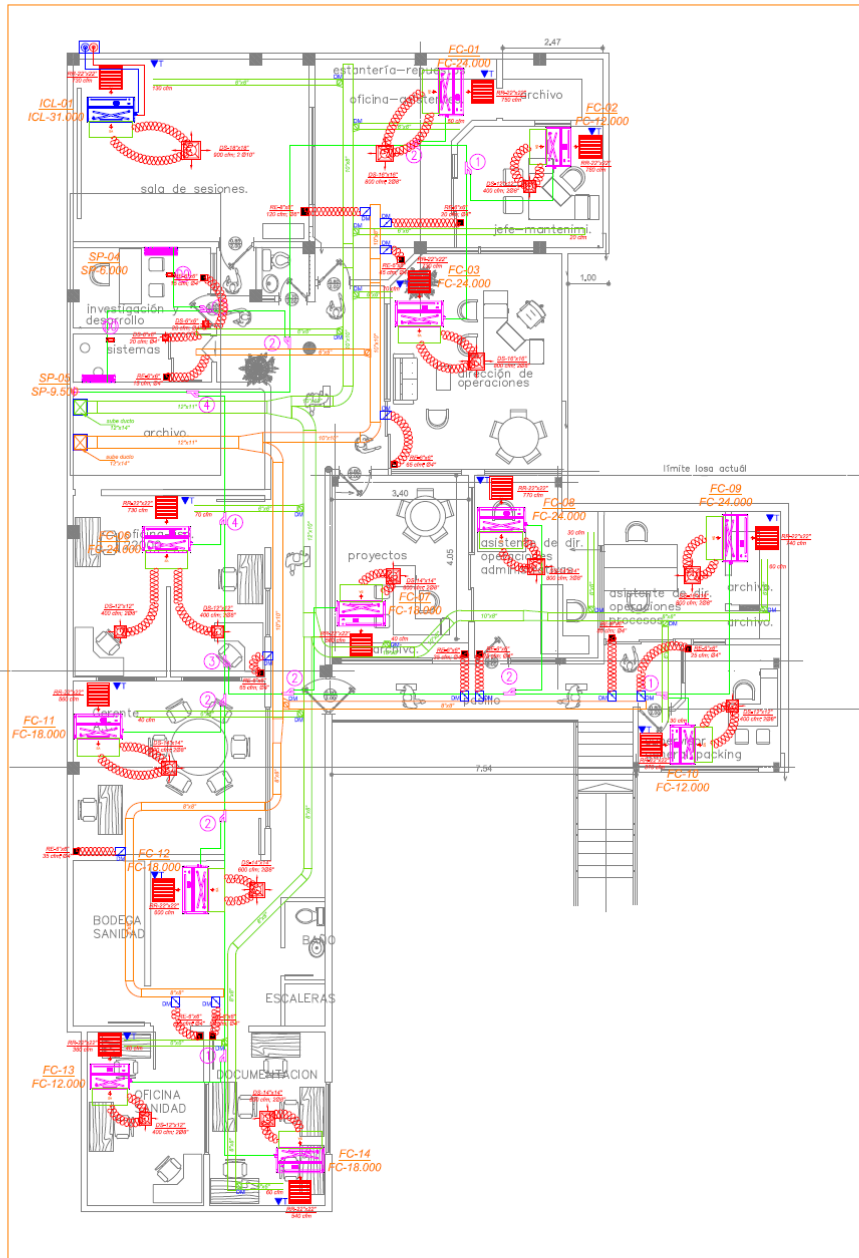


OFICINAS ADMINISTRATIVAS

ESCALA 1:100

SIMBOLOS		PROYECTO		TESISTAS:	
FC	FAN COIL BOX	SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
FFU	FAN FILTER UNIT			Angel Medina S.	
DM	DAMPER MANUAL	ARCHIVO:	FECHA:	ESCALA:	LÁMINA:
DS	DISPOSICION DE SUMINISTRO	CoProyectosDiseñosPisos/.dwg	01 - 12 - 2013	1:100	A.A.-2
RR	REJILLA DE RETORNO				
Y	YENOSITATO				
OFENAL	OFENAL				
TUBERIA DE COBRE	TUBERIA DE COBRE				





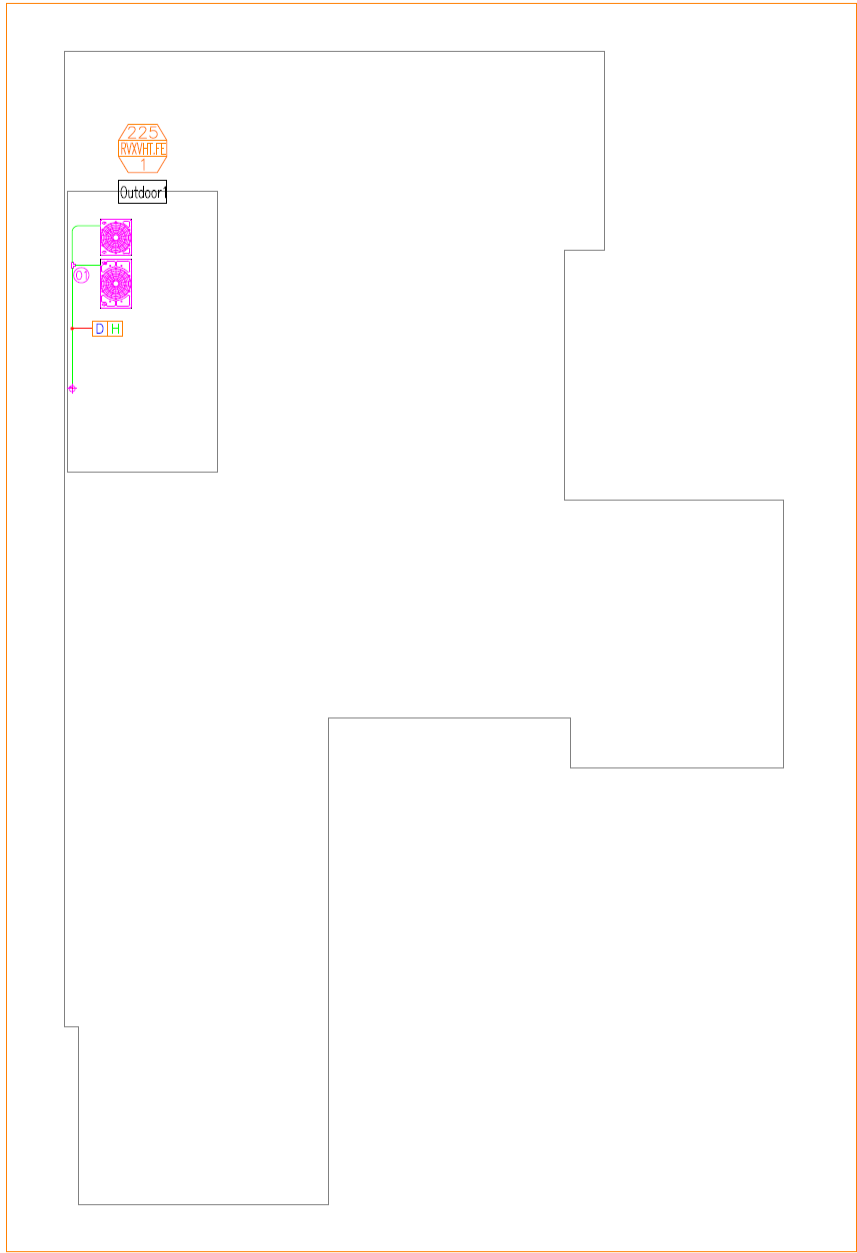
OFICINAS ADMINISTRATIVAS

ESCALA 1:100

SIMBOLOS		PROYECTO		REVISADO	
FC	FAN COIL BOX	SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
FPU	FAN FILTER UNIT			Angel Medina S.	
DM	DAMPERS MANUAL	ARCHIVO: D:\Proyectos\Seafman\Plano\1.dwg		1:100	
DS	DIFFUSOR DE SUMINISTRO			A.A.-2	
DR	REJILLA DE RETORNO	FECHA: 01-12-2013			
TR	TERMOSTATO				
DN	DIRIGIBLE				
TR	TUBERIA DE COBRE				

APÉNDICE 37

**DIAGRAMAS, PLANOS Y TABLA DE DISEÑO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON
TECNOLOGÍA DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE (V.R.V.)**



PLANTA CUBIERTA ESCALA 1:100

SIMBOLOS		Auton	PROYECTO		TESISTAS:	
UE	UNIDAD EVAPORADORA		SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
UC	UNIDAD CONDENSADORA				Angel Medina S.	
DA	DIFUSOR DE AIRE					
RR	REJILLA DE RETORNO					
▼	TERMOSTATO		ARCHIVO: D:\Proyectos\Olefinas\Planos\...	FECHA: 01 - 12 - 2013	ESCALA: 1:100	LAMINA A.A.-3
⚡	ORONAJE					
—	TUBERIA DE COBRE					



NOMENCLATURA DE TUBERÍA DE COBRE	
NOMENCLATURA	DIÁMETRO DE TUBERÍA DE COBRE Ø (pulg.)
A	1/4
B	3/8
C	1/2
D	5/8
E	3/4
F	7/8
H	1 1/8
J	1 3/8

JUNTA Y	
NOMENCLATURA	APLICA PARA RANGO
1	51 KBTU E INFERIOR
2	51 KBTU A 138 KBTU
3	51 KBTU A 138 KBTU
4	138 KBTU A 158 KBTU
5	158 KBTU A 237 KBTU
6	237 KBTU A 336 KBTU
7	336 KBTU A 475 KBTU
8	475 KBTU Y SUPERIOR
JUNTA EXTERNA	
NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
01	JUNTA T

DETALLE TUBERIA DE COBRE

SIN ESCALA

SIMBOLOS		PROYECTO		TESISTAS:	
UNA	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	SEAFMAN S.A		Pedro Hidalgo A.	
CH	CHILLER DE AGUA HELADA			Angel Medina S.	
BAF	BOMBA DE RECIRCULACIÓN	ARCHIVO:	FECHA:	ESCALA:	LÁMINA
RE	REJILLA DE RETORNO	D:\Proyectos\Olefinas\Planos\...	00 - eme - 2013	SIN ESCALA	A.A.-8
VT	TERMOSTATO DOBLE ETAPA				
OR	ORDENAJE				
	UNIDAD DE AGUA HELADA				



APÉNDICE 38

TABLAS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN PARA DUCTOS, DIAGRAMA Y PLANOS DE SISTEMA DE VENTILACION

SISTEMA DE VENTILACIÓN OFICINAS													
Seccion ducto	Ducto	Caudal	Dimensiones	Diametro equivalente	Velocidad	Velocidad de presion	Longitud	Longitud	Area	Perdida Unitaria	Perdidas en accesorios	Perdida en ductos	Perdidas parciales
	Elemento	(cfm)	(a x b) in	(in)	(ft/s)	(in. of water)	(mts)	(ft)	(ft²)	(in H₂O/100 ft)			
1	Ducto	1040	14" x 12"	14,20	951,20		2,2	0,67	168	0,0848		0,06	0,09
	Accesorios	1040	14" x 12"		951,20	0,056					0,610	0,03	
2	Ducto	680	12" X 11"	12,60	790,80		5,9	1,80	132	0,0702		0,13	0,16
	Accesorios	680	12" X 11"		790,80	0,039					0,940	0,04	
3	Ducto	310	10" x 10"	10,90	475,60		3,5	1,07	100	0,0333		0,04	0,06
	Accesorios	310	10" x 10"		475,60	0,014					1,490	0,02	
4	Ducto	270	10" x 10"	10	414,3		2,05	0,62	100		0,026	0,02	0,05
	Accesorios	270	10" x 10"		414,3	0,011					3,140	0,03	
5	Ducto	200	10" x 8"	9,8	384,8		0,4	0,12	80	0,0263		0,00	0,06
	Accesorios	200	10" x 8"		384,8	0,009					5,780	0,05	
6	Ducto	180	10" x 8"	9,8	346,3		2,6	0,79	80	0,0218		0,02	0,03
	Accesorios	180	10" x 8"		346,3	0,007					2,110	0,02	
7	Ducto	130	10" x 8"	9,8	250,1		1,5	0,46	80	0,0123		0,01	0,01
	Accesorios	130	10" x 8"		250,1	0,004					0,390	0,00	
8	Ducto	370	12"x10"	12	474		3,22	0,98	120	0,0296		0,03	0,06
	Accesorios	370	12"x10"		474	0,014					1,860	0,03	
9	Ducto	300	12"x10"	12	384,4		3,10	0,94	120	0,0204		0,02	0,02
	Accesorios	300	12"x10"		384,4	0,009					0,520	0,00	
10	Ducto	140	8" x 8"	8,7	335,6		2	0,61	64	0,0236		0,01	0,04
	Accesorios	140	8" x 8"		335,6	0,007					3,140	0,02	
11	Ducto	100	8" x 8"	8,7	239,7		9,1	2,77	64	0,0131		0,04	0,04
	Accesorios	100	8" x 8"		239,7	0,004					1,894	0,01	
12	Ducto	60	8" x 8"	8,7	143,8		3,6	1,10	64	0,0054		0,01	0,01
	Accesorios	60	8" x 8"		143,8	0,001					0,450	0,00	
13	Ducto	160	10" x 8"	9,8	307,8		2,50	0,76	80	0,0177		0,01	0,03
	Accesorios	160	10" x 8"		307,8	0,006					2,280	0,01	
14	Ducto	120	10" x 8"	9,8	230,9		4,30	1,31	80	0,0106		0,01	0,01
	Accesorios	120	10" x 8"		230,9	0,003					0,204	0,00	
15	Ducto	120	8" x 8"	8,7	287,7		1,16	0,35	64	0,018		0,01	0,02
	Accesorios	120	8" x 8"		287,7	0,005					3,140	0,02	
16	Ducto	90	8" x 8"	8,7	215,8		1,90	0,58	64	0,0109		0,01	0,01
	Accesorios	90	8" x 8"		215,8	0,003					1,690	0,00	
17	Ducto	60	8" x 8"	8,7	143,8		2,5	0,76	64	0,0054		0,00	0,00
	Accesorios	60	8" x 8"		143,8	0,001					0,450	0,00	
18	Ducto	360	10" x 10"	10,9	552,3		4,60	1,40	100	0,0436		0,06	0,08
	Accesorios	360	10" x 10"		552,3	0,019					1,180	0,02	

ACCESORIOS						
Seccion ducto	Numero	ASHRAE	Descripcion	Parametros		Coeficiente de perdida
	Guarniciones	Guarnicion No.				
1	1	ED1-3	Entrada	$r/D=0.2$		0,03
	2	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	3	SR5-1	Tee o Yee	$Ab/Ac=0.79;$		0,41
						0,61
2	1	ER4-1	Transición	$\theta=24^{\circ}; A0/A1=1.67$		0,94
						0,94
3	1	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	2	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.36;$		1,28
	3	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						1,49
4	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.36;$		3,10
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
	3	ER4-1	Transición	$\theta=0^{\circ}; A0/A1=0.8$		0,00
						3,14
5	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.45; Qb/Qc=0.1$		5,74
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						5,78
6	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.45;$		2,07
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						2,11
7	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.45; Qb/Qc=1$		0,35
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						0,39
8	1	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	2	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.3; Qb/Qc=0.2$		1,65
	3	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						1,86
9	1	ER4-1	Transición	$\theta=14^{\circ}; A0/A1=1.2$		0,52
						0,52
10	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.6; Qb/Qc=0.3$		3,10
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						3,14
11	1	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	2	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	3	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.6; Qb/Qc=0.4$		1,65
	4	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						1,89
12	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.6; Qb/Qc=1$		0,41
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						0,45
13	1	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	2	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.5; Qb/Qc=0.25$		2,07
	3	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						2,28
14	1	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	2	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	3	ER4-1	Transición	$\theta=5^{\circ}; A0/A1=0.8$		0,00
						0,20
15	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.57;$		3,10
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						3,14
16	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.57;$		1,65
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						1,69
17	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.57; Qb/Qc=1$		0,41
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						0,45
18	1	SR5-1	Tee o Yee			0,07
	2	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	3	ER4-1	Transición	$\theta=28^{\circ}; A0/A1=1.6$		0,94
						1,18
19	1	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,17
	2	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.57; Qb/Qc=1$		0,41
	3	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						0,62
20	1	CR3-1	Codo 90°	$K=1; r/W=1.5$		0,19
	2	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.58;$		3,10
	3	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						3,33
21	1	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.58;$		1,03
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
	3	ER4-1	Transición	$\theta=14^{\circ}; A0/A1=58$		0,04
						1,11
22	1	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	2	CR3-1	Codo 45°	$K=0.6; r/W=1.5$		0,10
	3	SR5-13	Zapaton (sum	$Ab/Ac=0.57;$		3,10
	4	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						3,34
23	1	SR5-13	Zapaton (sum			1,03
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						1,07
24	1	SR5-13	Zapaton (sum			0,41
	2	CR9-1	Damper 0°	$\theta=0^{\circ}$		0,04
						0,45

SISTEMA DE VENTILACIÓN OFICINAS													
Seccion ducto	Ducto	Caudal	Dimensiones	Diametro equivalente	Velocidad	Velocidad de presion	Longitud	Longitud	Area	Perdida Unitaria	Perdidas en accesorios	Perdida en ductos	Perdidas parciales
	Elemento	(cfm)	Ø (in)	(in)	(ft/s)	(in. of water)	(mts)	(ft)	(ft²)	(in H ₂ O/100 ft)		(in H ₂ O)	(in H ₂ O)
1	Ducto	6.800	28,00	28,00	1.590,30		33,90	10,33	615,75	0,10		0,99	0,99
	Guarniciones	6.800			1.590,30	0,16					0,00	0,00	

ACCESORIOS						
Seccion	Numero	ASHRAE	Descripcion	Parametros		Coeficiente de perdida
ducto	Guarniciones	Guarnicion No.				
1	1	ED1-3	Entrada	r/D= 0.2		0,03
	2	CD3-9	Codo 90°	r/D= 1.5; D=28"		0,12
	3	CD3-9	Codo 90°	r/D= 1.5; D=28"		0,12
						0,27

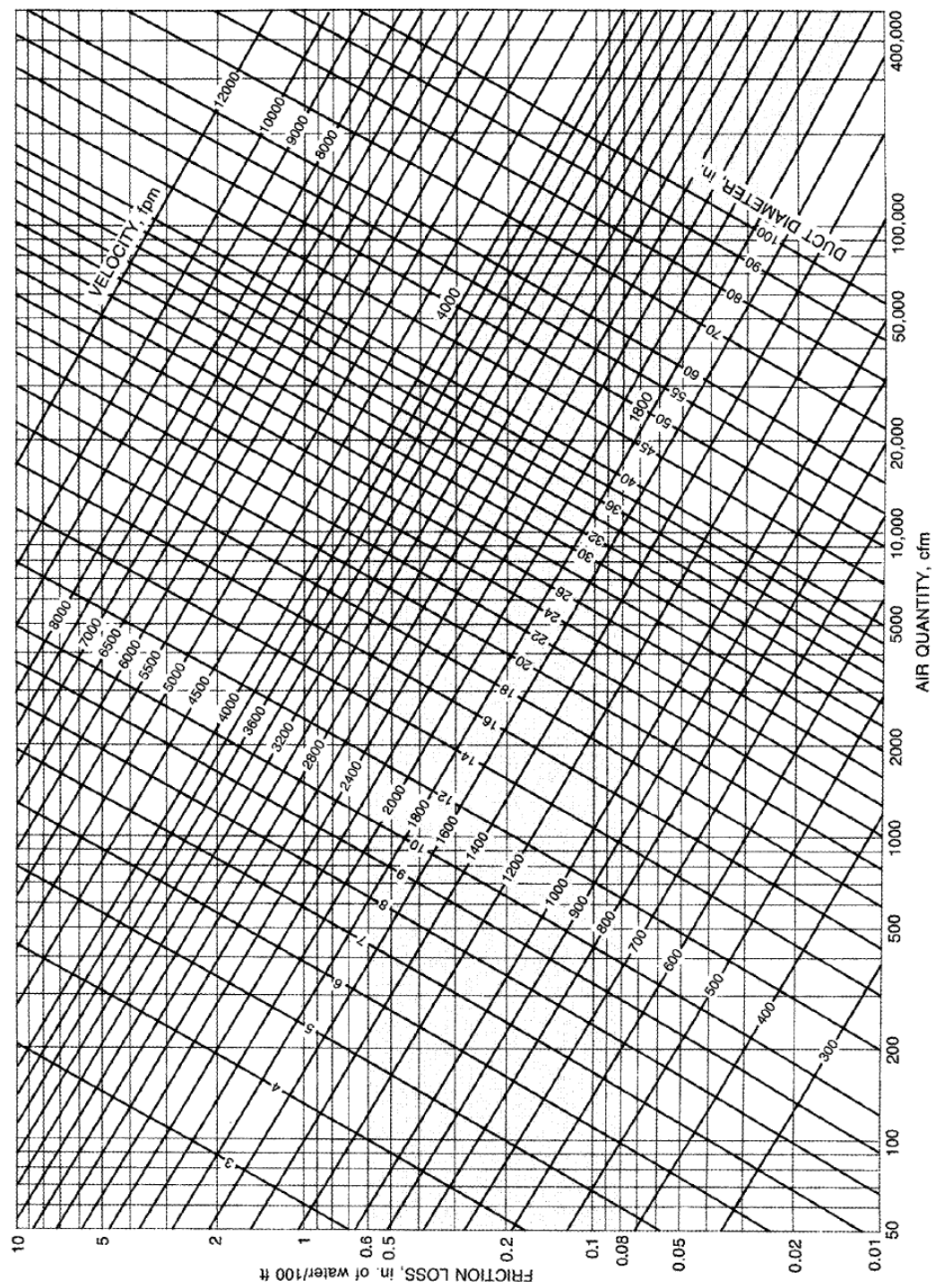
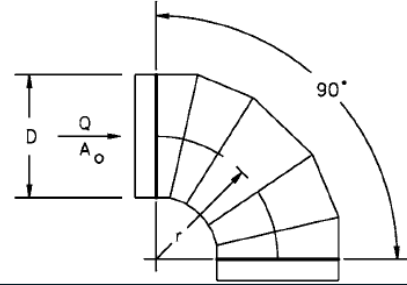


Fig. 9 Friction Chart for Round Duct ($\rho = 0.075 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$ and $\varepsilon = 0.0003 \text{ ft}$)

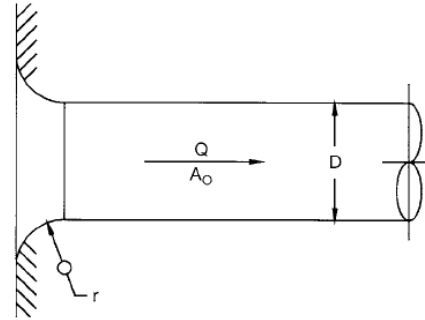
CD3-9 Elbow, 5 Gore, 90 Degree, $r/D = 1.5$

D, in.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	60
C_o	0.51	0.28	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12



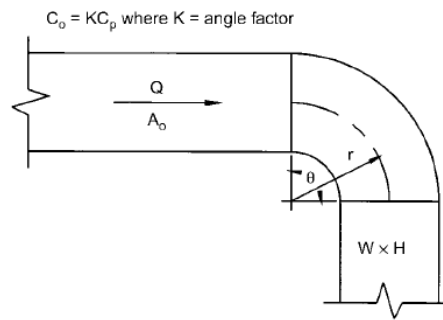
ED1-3 Bellmouth, with Wall

r/D	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	10.0
C_o	0.50	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.20	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03	0.03



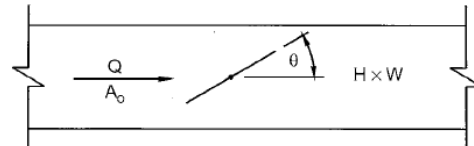
CR3-1 Elbow, Smooth Radius, Without Vanes

C_p Values											
r/W	0.25	0.50	0.75	1.0	1.50	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.50	1.53	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	1.00	1.06	1.12	1.16	1.18
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.00	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21
1.50	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.00	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
Angle Factor K											
θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0.0	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

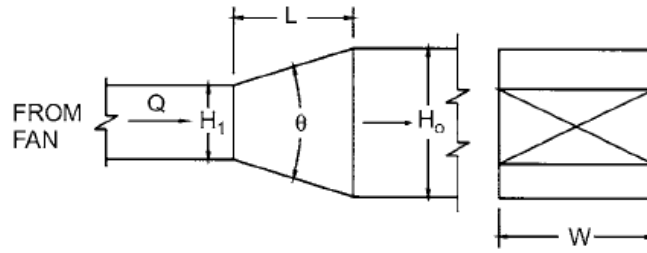


CR9-1 Damper, Butterfly

H/W	C_o Values									
	θ									
	0	10	20	30	40	50	60	65	70	90
0.10	0.04	0.30	1.10	3.0	8.0	23.0	60.	100.	190.	9999
0.50	0.04	0.30	1.10	3.0	8.0	23.0	60.	100.	190.	9999
1.0	0.04	0.30	1.10	3.0	8.0	23.0	60.	100.	190.	9999
1.5	0.04	0.35	1.25	3.6	10.0	29.0	80.	155.	230.	9999
2.0	0.04	0.35	1.25	3.6	10.0	29.0	80.	155.	230.	9999



**SR4-1 Transition, Rectangular, Two Sides Parallel,
Symmetrical, Supply Air Systems**



$$A_o/A_1 < \text{or} > 1$$

C_θ Values

A_θ/A_1	θ												
	0	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.10	0.0	0.12	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43
0.167	0.0	0.11	0.09	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.19	0.28	0.36	0.42
0.25	0.0	0.10	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.18	0.27	0.36	0.41
0.50	0.0	0.08	0.09	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.12	0.17	0.20	0.27
1.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
2.00	0.0	0.64	0.96	0.54	0.52	0.62	0.94	1.40	1.48	1.52	1.48	1.44	1.40
4.00	0.0	4.16	4.64	2.72	3.09	4.00	6.72	9.60	10.88	11.20	11.20	10.88	10.56
6.00	0.0	12.24	10.08	7.38	8.10	10.80	17.28	23.40	27.36	29.88	29.88	29.34	28.80
10.00	0.0	40.50	27.20	23.30	25.10	34.00	52.84	69.00	82.50	93.50	93.50	92.40	91.30
16.00	0.0	112.64	68.35	63.74	67.84	92.93	142.13	182.53	220.16	254.21	254.21	251.90	249.60

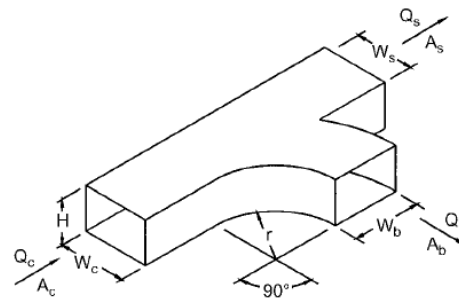
SR5-1 Smooth Wye of Type $A_s + A_b \geq A_c$, Branch 90° to Main, Diverging

C_b Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	2.25	0.48	0.25	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17
	0.50	11.00	2.38	1.06	0.64	0.52	0.47	0.47	0.47	0.48
	1.00	60.00	13.00	4.78	2.06	0.96	0.47	0.31	0.27	0.26
0.75	0.25	2.19	0.55	0.35	0.31	0.33	0.35	0.36	0.37	0.39
	0.50	13.00	2.50	0.89	0.47	0.34	0.31	0.32	0.36	0.43
	1.00	70.00	15.00	5.67	2.63	1.36	0.78	0.53	0.41	0.36
1.00	0.25	3.44	0.78	0.42	0.33	0.30	0.31	0.40	0.42	0.46
	0.50	15.50	3.00	1.11	0.63	0.48	0.42	0.40	0.42	0.46
	1.00	67.00	13.75	5.11	2.31	1.28	0.81	0.59	0.47	0.46

C_s Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_s/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.50	0.25	8.65	1.12	0.21	0.05	0.06	0.10	0.15	0.19	0.24
	0.50	7.50	0.98	0.19	0.06	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22
	1.00	5.21	0.68	0.15	0.06	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19
0.75	0.25	19.62	3.25	0.86	0.23	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05
	0.50	20.62	3.24	0.76	0.14	-0.03	-0.07	-0.05	-0.01	0.03
	1.00	17.01	2.55	0.55	0.07	-0.05	-0.05	-0.02	0.02	0.06
1.00	0.25	46.00	9.50	3.22	1.31	0.52	0.14	-0.02	-0.05	-0.01
	0.50	35.34	6.49	1.98	0.69	0.22	0.00	-0.04	-0.05	-0.05
	1.00	38.95	7.10	2.15	0.74	0.23	0.03	-0.04	-0.05	-0.04



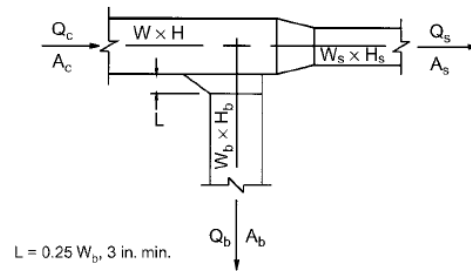
$$A_s = A_b \geq A_c$$

$$r/W_b = 1.0$$

SR5-13 Tee, 45 Degree Entry Branch, Diverging

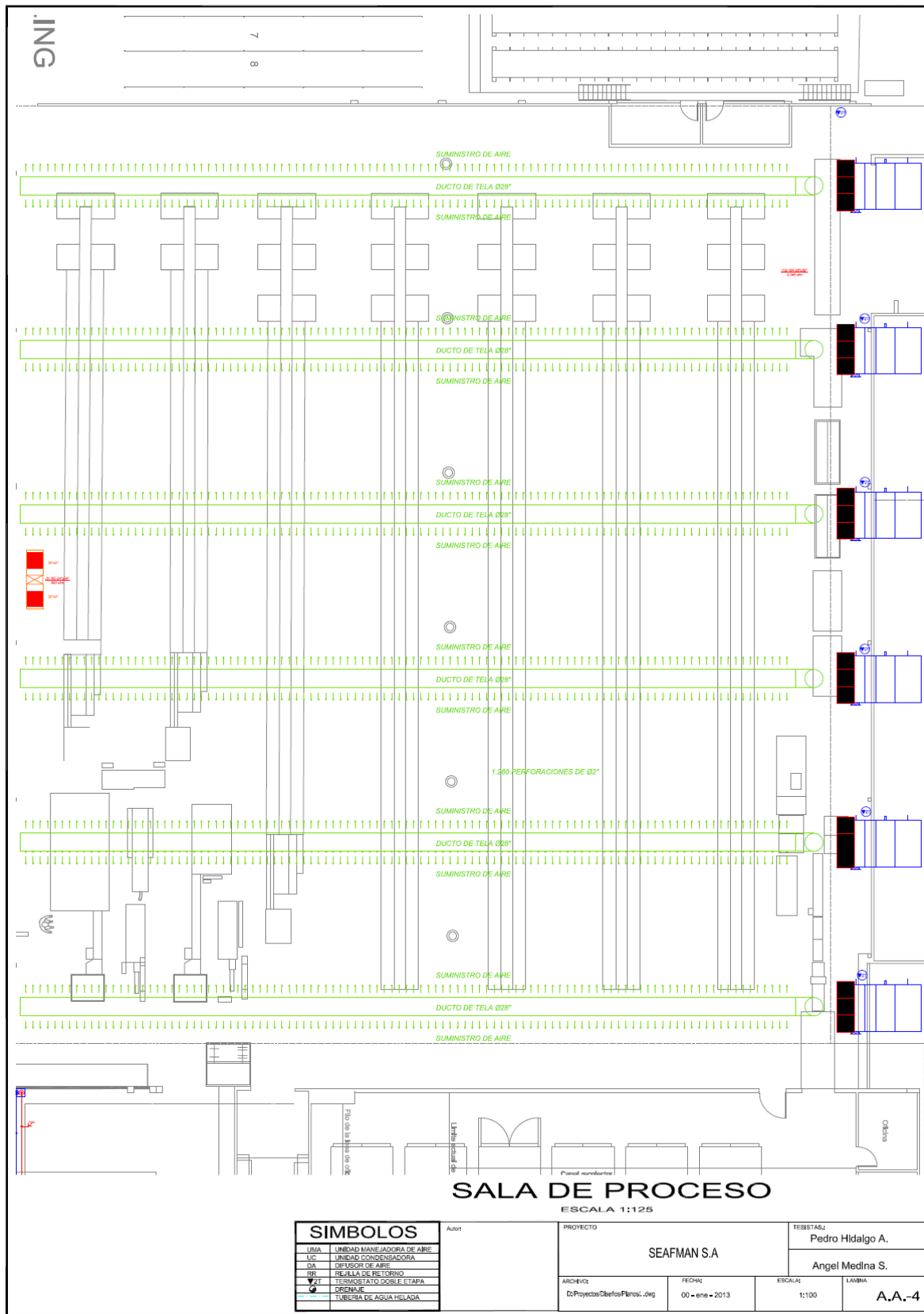
C_b Values									
Q_b/Q_c									
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.32	0.33	0.32	0.34	0.32	0.37	0.38	0.39	0.40
0.2	0.31	0.32	0.41	0.34	0.32	0.32	0.33	0.34	0.35
0.3	1.86	1.65	0.73	0.47	0.37	0.34	0.32	0.32	0.32
0.4	3.56	3.10	1.28	0.73	0.51	0.41	0.36	0.34	0.32
0.5	5.74	4.93	2.07	1.12	0.73	0.54	0.44	0.38	0.35
0.6	8.48	7.24	3.10	1.65	1.03	0.73	0.56	0.47	0.41
0.7	11.75	10.00	4.32	3.31	1.42	0.98	0.73	0.58	0.49
0.8	15.57	13.22	5.74	3.10	1.90	1.28	0.94	0.73	0.60
0.9	19.92	16.90	7.38	4.02	2.46	1.65	1.19	0.91	0.73

C_s Values									
Q_s/Q_c									
A_s/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.98	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	3.48	0.31	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.4	7.55	0.98	0.18	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	13.18	2.03	0.49	0.13	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
0.6	20.38	3.48	0.98	0.31	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00
0.7	29.15	5.32	1.64	0.60	0.23	0.09	0.04	0.02	0.01
0.8	39.48	7.55	2.47	0.98	0.42	0.18	0.08	0.04	0.02
0.9	51.37	10.17	3.48	1.46	0.67	0.31	0.15	0.07	0.04



Fuente: Carrier International Limited, “Manual de Aire Acondicionado”



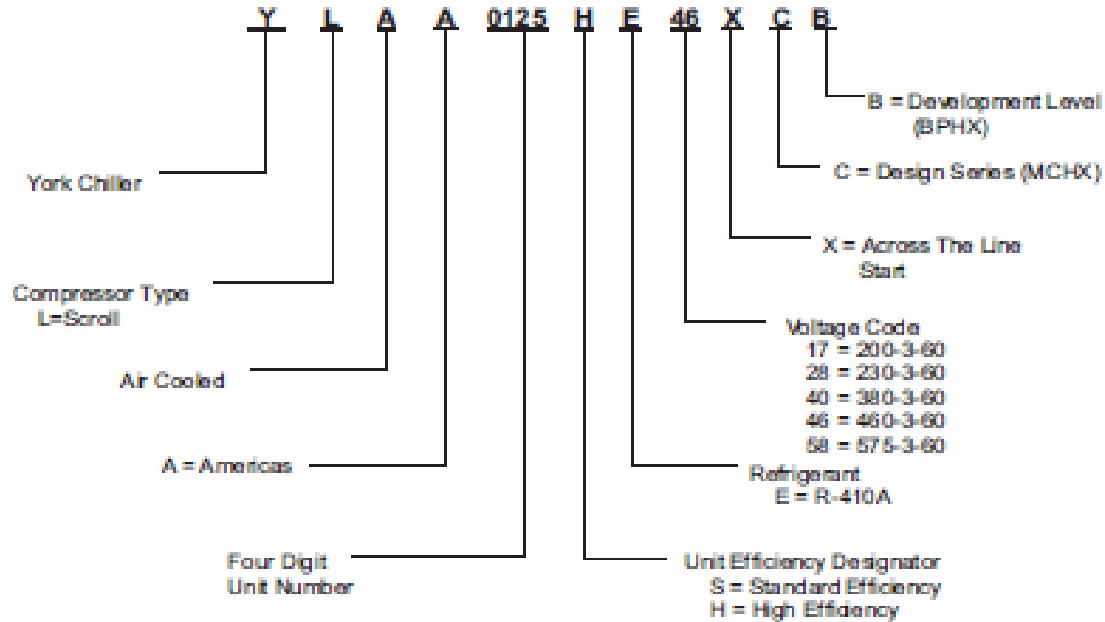


APÉNDICE 39

CATALOGO DE ENFRIADORES DE AGUA (CHILLERS) YORK®

NOMENCLATURE

The model number denotes the following characteristics of the unit:



Physical Data and Nominal Ratings

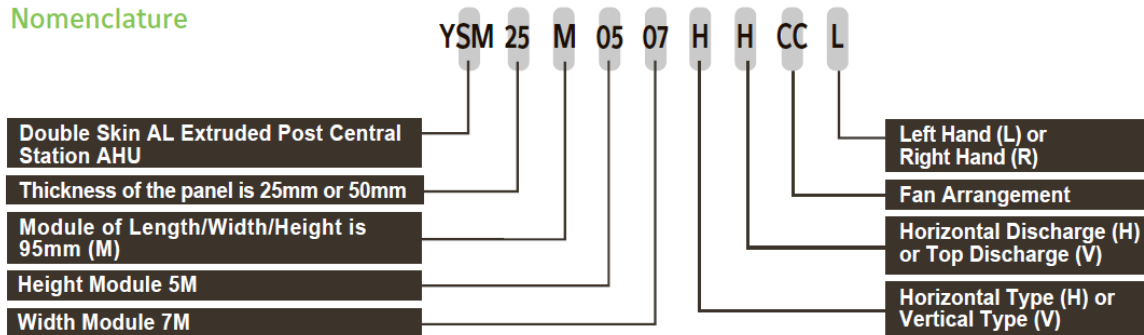
REFRIGERANT R-410A	YLAA								
	STANDARD								
	EFFICIENCY UNITS								
	0070SE	0080SE	0090SE	0100SE	0115SE	0120SE	0136SE	0155SE	0170SE
NOMINAL RATINGS¹									
TONS	71.8	77.7	83.9	95.8	113.9	119.6	126.1	143.0	167.4
KW	78.1	87.7	96.6	110.7	130.8	133.2	142.6	165.0	192.1
EER	10.2	9.9	9.7	9.7	9.7	10.0	9.7	9.8	9.6
IPLV	16	15.4	15.5	14.3	14.6	14.8	15.8	15.9	15.6
GENERAL UNIT DATA									
LENGTH	116.1	116.1	116.1	142.7	142.7	142.7	187.7	187.7	232.7
WIDTH	88	88	88	88	88	88	88	88	88
HEIGHT	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94	94.2	94.2	94.2
NUMBER OF REFRIGERANT CIRCUITS	2	2	2	2	2	2	2	2	2
REFRIGERANT CHARGE, OPERATING									
R-410A, CKT1 / CKT2, LBS	43/43	47/44	57/57	55/58	60/58	54/62	75/71	75/70	90/87
OIL CHARGE, CKT1 / CKT2, GALLONS	2.58/2.58	3.28/2.58	3.28/2.78	3.28/3.33	3.33/3.33	3.33/3.33	4.99/2.78	4.99/3.33	4.99/4.99
SHIPPING WEIGHT	3578	3898	4168	4791	5028	5183	6148	6414	7734
OPERATING WEIGHT	3623	3954	4241	4864	5101	5293	6232	6524	7818
COMPRESSORS, SCROLL TYPE									
COMPRESSORS PER CIRCUIT	3/3	3/3	3/2	3/2	2/2	3/2	3/3	3/2	3/3
COMPRESSORS PER UNIT	6	6	5	5	4	4	6	5	6
NOMINAL TONS PER COMPRESSOR									
CIRCUIT 1	13	15	15	15	32	32	32	32	32
CIRCUIT 2	13	13	15/32	32	32	32	15	32	32
CONDENSER									
TOTAL FACE AREA FT ²	106.9	106.9	108.9	133.6	160.3	160.3	213.8	213.8	267.2
NUMBER OF ROWS	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FINS PER INCH	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CONDENSER FANS, LOW SOUND									
NUMBER OF FANS, CKT 1/CKT 2	2/2	2/2	2/2	3/2	3/3	3/3	4/4	4/4	5/5
FAN HP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FAN RPM	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
TOTAL CHILLER CFM	62400	62400	62400	78000	93600	93600	124800	124800	156000
EVAPORATOR									
WATER VOLUME, GALLONS	5.4	6.7	8.8	8.8	8.8	13.2	10.0	13.2	10.0
MAXIMUM WATER SIDE PRESSURE, PSIG	150	150	150	150	150	150	150	150	150
MAXIMUM REFRIGERANT SIDE PRESSURE, PSIG	450	450	450	450	450	450	450	450	450
MINIMUM CHILLER WATER FLOW RATE, GPM	60	100	140	100	100	150	150	150	150
MAXIMUM CHILLER WATER FLOW RATE, GPM	285	365	385	385	385	625	625	625	625
WATER CONNECTIONS SIZE, INCHES	3	3	3	3	3	3	3	3	3

**Fuente: CATALOGO CHILLERS YORK® BY JOHNSON CONTROLS MODELOS YLAA
AIR-COOLED CON INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS**

APÉNDICE 40

CATÁLOGO DE MANEJADORAS Y ROOF FAN COILS MARCA YORK®, EQUIPOS SAMSUNG DVM Y RECUPERADOR DE ENERGIA GREENHECK

Nomenclature



YSM AIR HANDLING UNIT PERFORMANCE SPECIFICATION

Unit Tag	General Info	Qty.	Air Flow (CFM)	SF ESP(in.w.g.)
AHU-1	YSM50-13x15-HH-L	1	6797	2.00

Unit Sequence

Frame: Special high-pressured aluminum

Basic Unit Options

Panel Outer Skin Construction: 0.02Galvanized

Base Rail Height: 3.94 in.

Panel Inner Skin Construction: 0.02Galvanized

Base Type: Standard

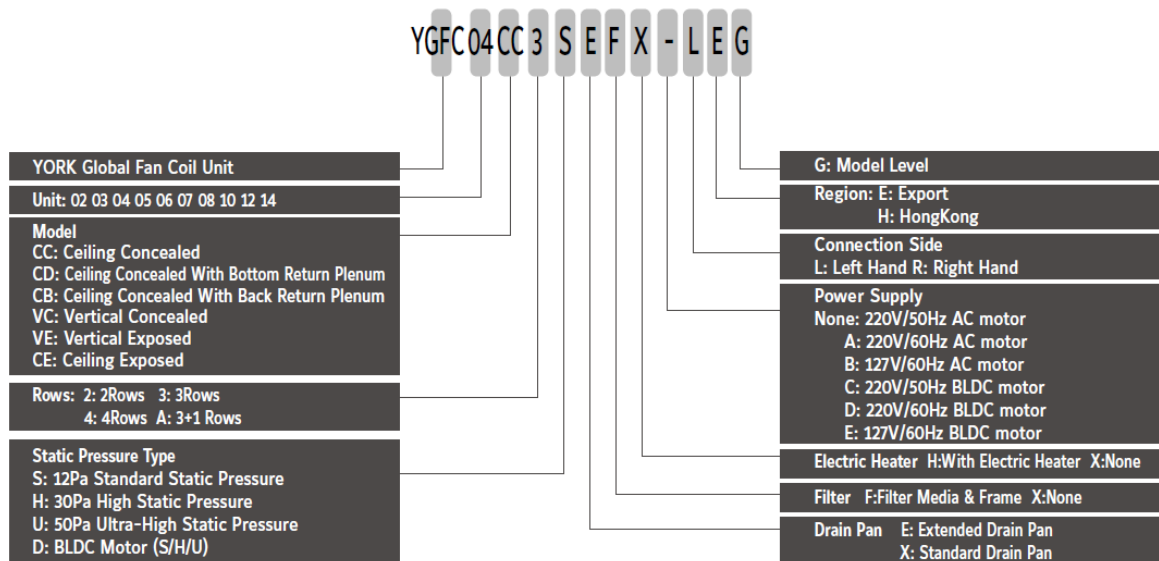
Insulation: 2 in. Polyurethane Foam

MB - Mixing Box Segment

Mixing Box Details	
Fresh Ratio (%)	30
Air Pressure Drop (in.w.g)	0.07
Return Air Inlet Velocity (ft./min)	1146.63
Return Air Inlet Type	Damper-Motorized
Return Air Inlet Position	Side
Return Air Inlet Size	7Mx13M-20. 1x42.5
Open Air Inlet Velocity (ft./min)	835.40
Open Air Inlet Type	Damper-Motorized
Open Air Inlet Position	Front
Open Air Inlet Size	5Mx15M-8. 3x42.5

Mixing Box Segment Options	
Access Options	Drive side with hinged door

Fuente: CATALGO EN LÍNEA YORK® BY JOHNSON CONTROLS MANEJADORAS DE AIRE



Model		Air flow (m³/h)							Nominal Cooling Capacity (kW)		Nominal Heating Capacity (kW)	Water Flow (L/s)		Water Pressure Drop (kPa)			
		High	Medium			Low			Total Heat	Sensible Heat		Cooling Condition	Heating Condition	Cooling Condition	Heating Condition		
			S	H	U	S	H	U								S	A
2 Rows	02	360	270	270	270	190	180	190	1.78	1.28	3.06	0.083	0.083	8.2	7.7	35	40
	03	520	410	440	390	270	310	270	2.74	1.95	4.82	0.129	0.129	16.6	14.0	40	59
	04	690	520	535	530	350	370	360	3.72	2.80	6.20	0.179	0.179	23.2	20.6	62	74
	05	870	660	660	700	440	440	530	4.01	3.19	7.03	0.196	0.196	11.0	9.1	76	88
	06	1030	750	790	800	500	540	580	4.80	3.81	8.56	0.233	0.233	15.6	12.5	97	111
	07	1170	860	910	850	700	620	590	5.75	4.47	9.86	0.277	0.277	33.5	21.0	123	129
	08	1360	1030	1135	1200	640	810	860	7.11	5.44	12.22	0.343	0.343	17.9	16.8	140	154
	10	1740	1310	1310	1380	870	870	920	8.57	6.73	15.12	0.418	0.418	26.7	18.6	154	178
	12	2040	1560	1560	1700	1040	1040	1180	10.30	8.12	17.07	0.497	0.497	40.5	32.1	194	215
	14	2400	1830	1830	1850	1220	1220	1360	12.08	9.45	20.01	0.589	0.589	58.0	45.2	228	257
3 Rows	02	350	270	270	270	190	170	190	2.13	1.44	3.48	0.104	0.104	12.5	10.5	34	40
	03	520	390	430	380	260	300	270	3.26	2.26	5.32	0.158	0.158	25.8	21.2	39	58
	04	680	520	520	530	340	360	360	4.17	3.01	6.68	0.201	0.201	18.8	15.4	61	71
	05	850	640	640	680	430	430	500	4.84	3.57	7.84	0.233	0.233	20.0	16.5	75	83
	06	1020	730	770	780	485	530	540	5.81	4.32	9.38	0.283	0.283	33.3	25.9	94	108
	07	1170	850	910	840	590	600	580	6.28	4.77	10.61	0.303	0.303	23.4	18.7	121	129
	08	1360	1000	1120	1150	640	780	840	7.92	5.85	12.79	0.386	0.386	29.9	24.5	134	150
	10	1710	1290	1290	1320	860	860	900	9.07	7.13	15.91	0.440	0.440	17.5	14.5	152	171
	12	2040	1530	1530	1620	1020	1020	1130	11.12	8.23	18.38	0.540	0.540	28.4	23.4	189	210
	14	2380	1790	1790	1800	1190	1190	1320	12.94	9.86	21.74	0.627	0.627	42.0	33.1	226	252

Fuente: CATALOGO DE UNIDADES YORK® BY JOHNSON CONTROLS FAN COILS
 MODELO YGFC

Fuente: CATÁLOGO SAMSUNG EQUIPOS D.V.M.

ERV-20-15L

CONSTRUCTION FEATURES AND ACCESSORIES

Unit Overview

Model	Outside Air (CFM)	Exhaust (CFM)	Electrical VCP
ERV-20-15L	1,040	940	208/90/3

Features

- Exterior housing constructed of galvanized steel
- Blower and Motor Assemblies with steel wheels
- Forward curved steel wheels
- Ball bearing motors
- Corrosion resistant fasteners
- Insulated with 1 in. 3# density insulation
- Internally mounted control center with motor starters, 24 VAC control transformers, control circuit fusing when required
- Single Point Wiring
- Motor Mounted on Adjustable Plate
- Adjustable Motor Pulleys
- Static Free Belts
- Exhaust Discharge Gravity Backdraft Damper

Options and Accessories

- Listed to UL-1995
- Outdoor Air Filter - 2" MERV 8
- Exhaust Air Filter(s) - 2" MERV 8
- Supply Weatherhood: Louvered Hood
- Exhaust Weatherhood: Louvered Hood



Note: Weight does NOT include skid/crating and may vary by 15% based on selected options.

ERV-20-15L

PERFORMANCE AND SPECIFICATIONS

Description/Arrangement

Model	Qty	Unit Weight (lb)	Outdoor Air Discharge	Outdoor Air Intake	Exhaust Air Discharge	Return Air Intake
ERV-20-15L	1	729	Bottom	End	Side	Bottom

Design Conditions

Elevation (ft)	Summer DB (F)	Summer WB (F)	Winter DB (F)
90	92	80	90

Air Performance

Type	Volume (CFM)	External SP (in. wg)	Total SP (in. wg)	RPM	Operating Power (hp)	Motor Size (hp)
Supply	1,040	0.7	0.859	1220	0.48	1/2
Exhaust Normal	940	0.7	0.801	1129	0.36	1/2

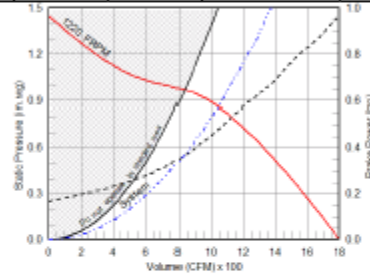
Electrical/Motor Specifications

V/CP	Unit MCA (amps)	Unit MOP (amps)	Enclosure	Supply Motor RPM	Supply Efficiency	Exhaust Motor RPM	Exhaust Efficiency
208/80/3	7	15	ODP	1725	SE	1725	SE

ERV-20-15L FAN CURVES

Supply Fan Performance

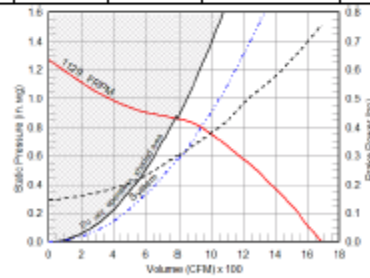
Volume (CFM)	Supply SP (in wg)	Total SP (in wg)	RPM	Operating Power (hp)	Motor Size (hp)	Fan Size	Fan Quantity
1040	0.7	0.859	1220	0.479	1/2	A10-6	1



— Fan curve
- - - System curve
... Static horsepower curve

Exhaust Fan Performance - Normal Operation

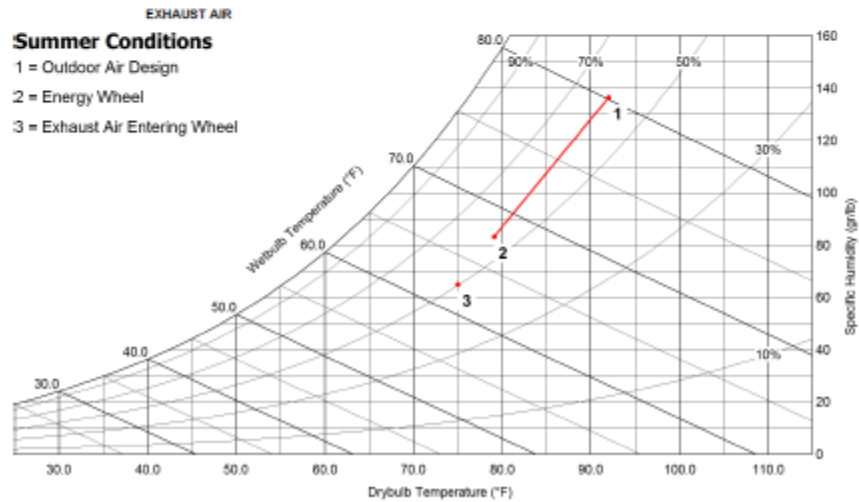
Volume (CFM)	Exhaust SP (in wg)	Total SP (in wg)	RPM	Operating Power (hp)	Motor Size (hp)	Fan Size	Fan Quantity
940	0.7	0.801	1120	0.357	1/2	A10-6	1



— Fan curve
- - - System curve
... Static horsepower curve

ERV-20-15L SUMMER PERFORMANCE

OUTDOOR AIR				DESIGN AIR FLOW CONDITIONS				
Entering Air		Leaving Air		Model	Outdoor Air Volume (CFM)	Outdoor Air Wheel Effectiveness	Exhaust Air Volume (CFM)	Exhaust Air Wheel Effectiveness
Dry Bulb (F)	92	Dry Bulb (F)	79.1	ERV-20-15L	1040	75.6	940	83.6
Wet Bulb (F)	80	Wet Bulb (F)	67.7					
Specific Humidity (gr/lb)	136.6	Specific Humidity (gr/lb)	83.3					
Enthalpy (BTU/lb)	43.6	Enthalpy (BTU/lb)	31.9					
Leaving Air		Entering Air		OUTDOOR AIR COOLING REDUCTION				
Dry Bulb (F)	89.2	Dry Bulb (F)	75			(BTU/h)		(tons)
Wet Bulb (F)	77.6	Rel. Humidity (%)	50	CA Load w/o Energy Recovery		72,540.0		6.06
Specific Humidity (gr/lb)	124.6	Specific Humidity (gr/lb)	65	CA Load with Energy Recovery		17,784.0		1.48
Enthalpy (BTU/lb)	41.1	Enthalpy (BTU/lb)	28.1	Equipment Reduction tons				4.58



ERV-20-15L WINTER PERFORMANCE

OUTDOOR AIR			
Entering Air		Leaving Air	
Dry Bulb (F)	90.0	Dry Bulb (F)	78.7
Wet Bulb (F)	74.9	Wet Bulb (F)	65.9
Specific Humidity (gr/lb)	107	Specific Humidity (gr/lb)	75
Enthalpy (BTU/lb)	38.4	Enthalpy (BTU/lb)	30.8
Leaving Air		Entering Air	
Dry Bulb (F)	87.5	Dry Bulb (F)	75.0
Wet Bulb (F)	73.2	Rel. Humidity (%)	50
Specific Humidity (gr/lb)	100	Specific Humidity (gr/lb)	65
Enthalpy (BTU/lb)	36.7	Enthalpy (BTU/lb)	28.1
EXHAUST AIR			

Design Air Flow Conditions

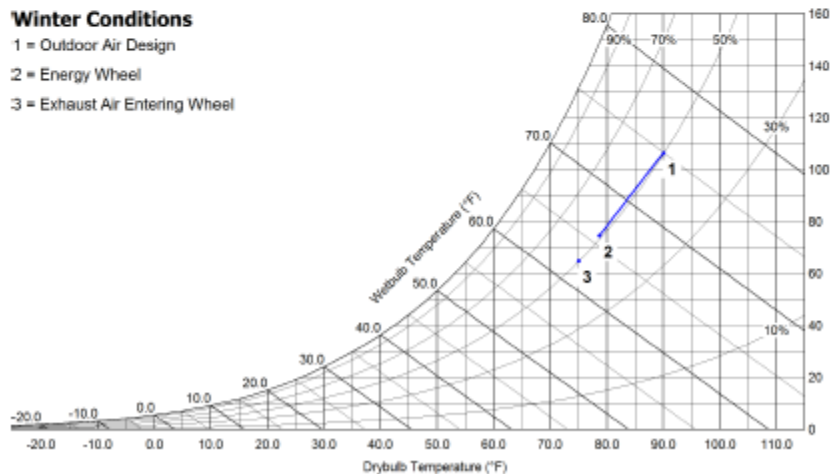
Model	Outdoor Air Volume (CFM)	Outdoor Air Wheel Effectiveness	Exhaust Air Volume (CFM)	Exhaust Air Wheel Effectiveness
ERV-20-15L	1040	75.6	940	83.6

Outdoor Air Heating Reduction

	(BTU/h)
OA Load w/o Energy Recovery	-16,988.0
OA Load with Energy Recovery	-4,100.0
BTU/h Reduction	-12,798.0

Winter Conditions

- 1 = Outdoor Air Design
- 2 = Energy Wheel
- 3 = Exhaust Air Entering Wheel



ERV-20-15L
AHRI PERFORMANCE DATA

Type	Tilt Angle (Heating/ Cooling)	Pressure Drop: (in. wg)	Nominal Airflow: (CFM)
WHEEL	N / A Deg	1	1,400



Wheel Leakage Ratings

	Pressure Differential	Exhaust Air Transfer Ratio	Outdoor Air Correction Factor	Purge Angle/ Setting
Test #1	-0.5	3.1	1.03	0
Test #2	0.0	0.9	1.08	0
Test #3	0.5	0.4	1.12	0
Optional Additional Test(s):				

Thermal Effectiveness Ratings at 0.0 In. Differential Pressure

	Sensible	Latent	Total
100% Airflow Heating Condition:	80	72	77
75% Airflow Heating Condition:	83	77	81
100% Airflow Cooling Condition:	80	72	76
75% Airflow Cooling Condition:	83	77	80

Net Thermal Effectiveness Ratings at 0.0 In. Differential Pressure

	Net Sensible	Net Latent	Net Total
100% Airflow Heating Condition:	80	72	77
75% Airflow Heating Condition:	83	77	81
100% Airflow Cooling Condition:	80	72	76
75% Airflow Cooling Condition:	83	77	80

Trademark: Greenheck
Model Number: ERV-20-15L

Energy Recovery component certified in
accordance with AHRI Standard 1060-2001.
Actual performance in packaged equipment
may vary.

ERV-20-15L

ENERGY SAVING ANALYSIS

Model	Volume (CFM)		Outdoor Air Wheel Effectiveness
	Supply	Exhaust	
ERV-20-15L	1040	940	75.6

Cooling Load w/o Energy Recovery (BTU)	Cooling Load with Energy Recovery (BTU)	Annual Savings (BTU)	Annual Savings (Dollars)
--	---	----------------------	--------------------------

Cooling Totals			
			\$

Cooling Range (F)	Total Hours Annually	Enthalpy (BTU/lb)
-------------------	----------------------	-------------------

Heating Load w/o Energy Recovery (BTU)	Heating Load with Energy Recovery (BTU)	Annual Savings (BTU)	Annual Savings (Dollars)
--	---	----------------------	--------------------------

Heating Range (F)	Total Hours Annually
-------------------	----------------------

Heating Totals			
			\$

Design Conditions

	Outdoor		Indoor	
	Dry-bulb (F)	Wet-bulb (F)	Dry-bulb (F)	Relative Humidity (%)
Summer	92.0	80.0	75.0	50.0
Winter	90.0	00	75.0	50.0

Energy Savings Cost \$

Notes:

Location: Guayaquil Aeropuerto (Ecuador)

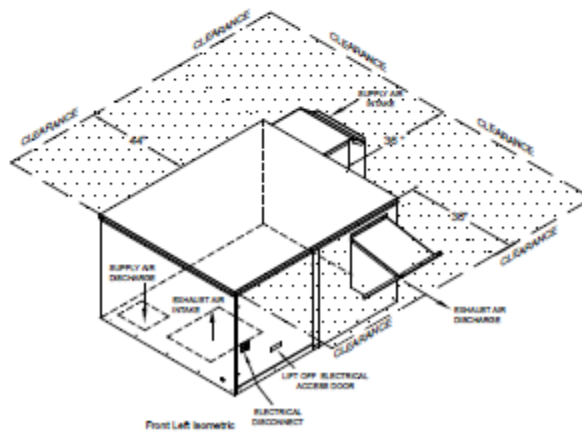
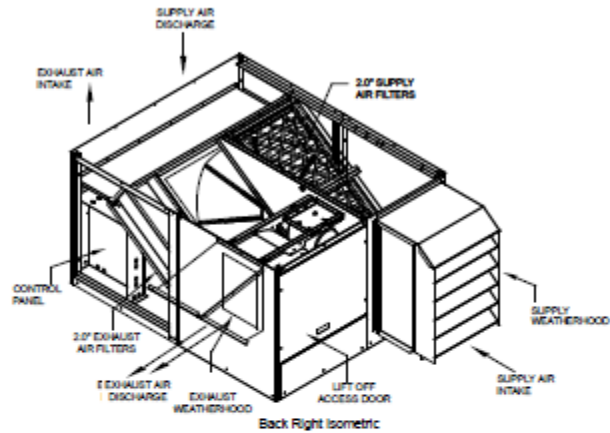
1. Operating Time: 12 hours/day 5 days/week

2. Electric Cost (\$): 0.08

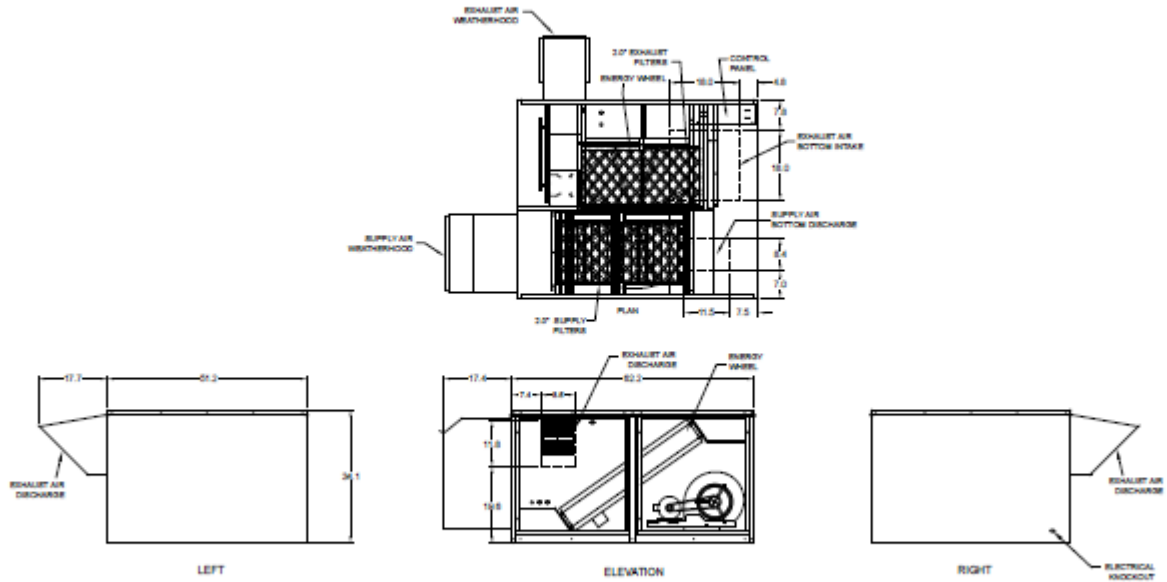
3. Heat Source: Gas

4. Heating Cost (\$): 0.8

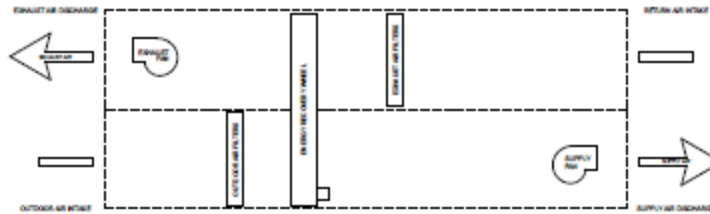
ERV-20-15L ISOMETRIC DRAWINGS



ERV-20-15L OVERVIEW DRAWINGS



ERV-20-15L CONTROLS DIAGRAM



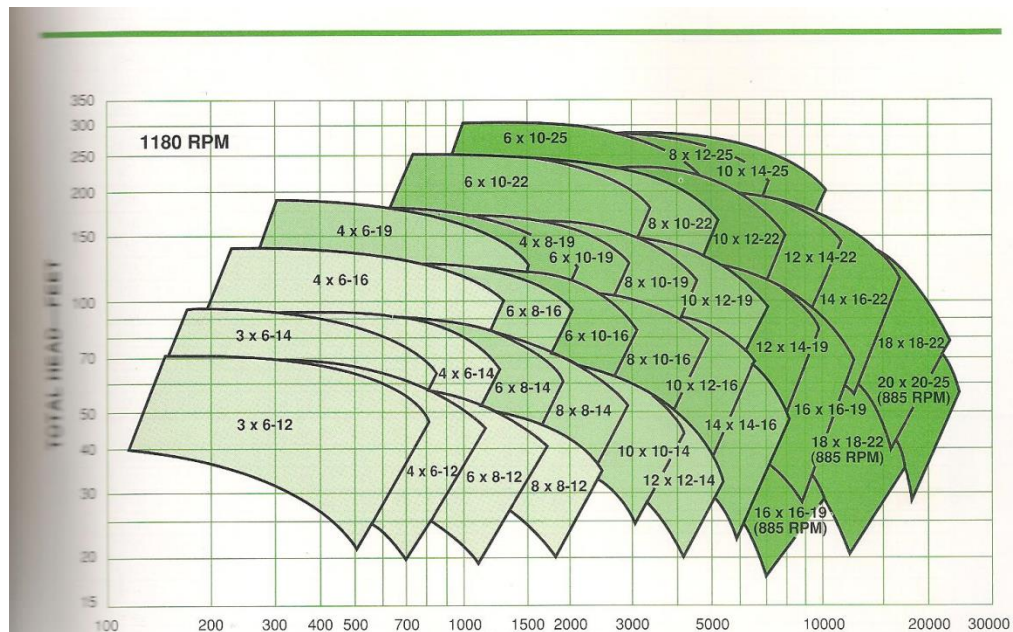
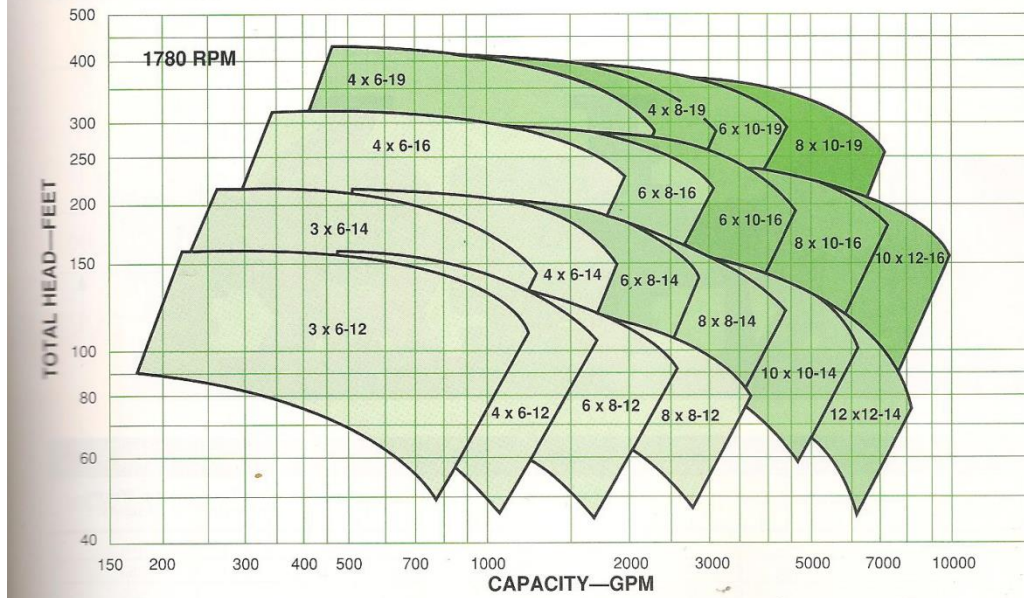
Exhaust Air Intake Controls		
Line	Description	Unit
1	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
2	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
3	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
4	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
5	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
6	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
7	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
8	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
9	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
10	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
11	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
12	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
13	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
14	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
15	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
16	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
17	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
18	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
19	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve
20	Exhaust Air Intake Control Valve	Valve

Manufacturer reserves the right to change, modify, or improve the product at any time.

APÉNDICE 41

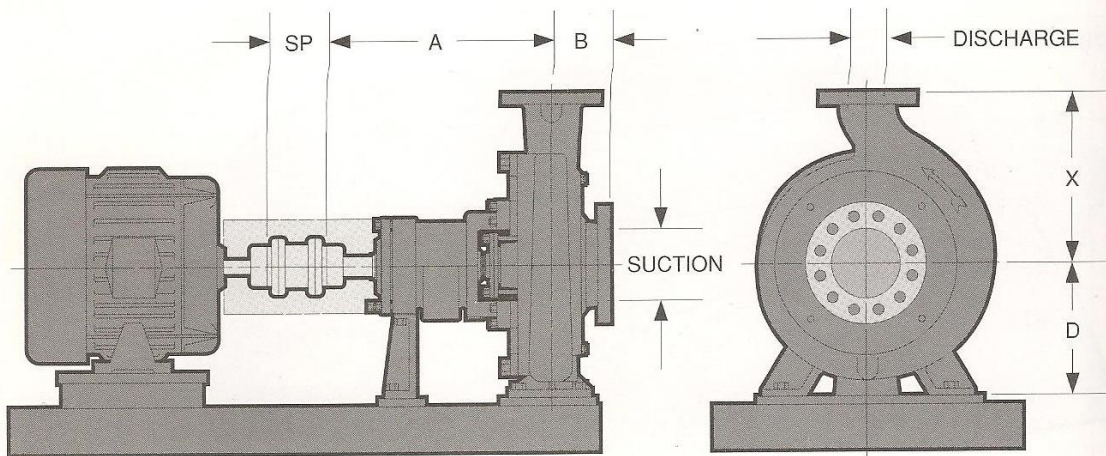
CURVAS DE SELECCIÓN DE BOMBAS GOULDS PUMP

Hydraulic Coverage 60 Hz



Dimensions Model 3180

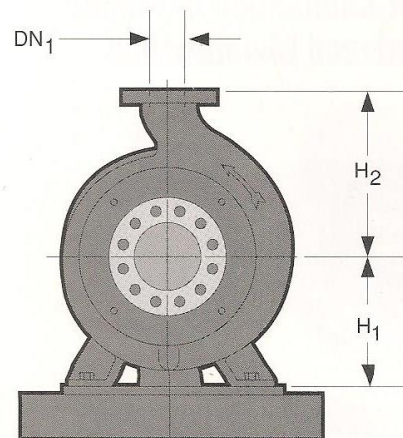
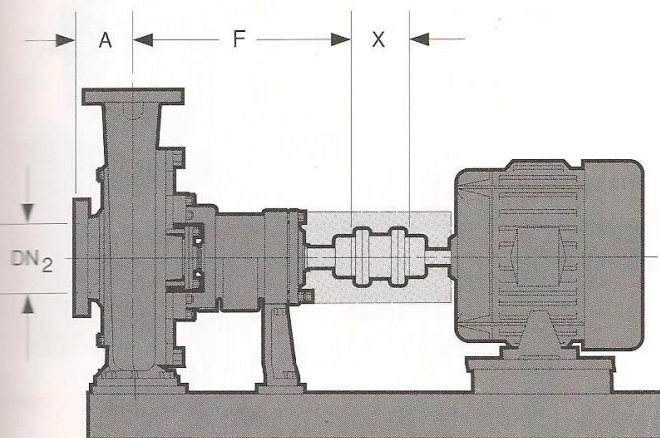
All dimensions in inches. Not to be used for construction.



DIMENSIONS—ENGLISH (INCHES)									
Group	Size	Discharge	Suction	D	X	B	A	SP (minimum)	Pump Weight
S	3X6-12	3	6	9.84	12.40	4.92	20.87	5.51	368
	4X6-12	4	6	9.84	13.98	5.51	20.87	5.51	389
	6X8-12	6	8	11.02	14.76	6.30	20.87	5.51	520
	8X8-12	8	8	12.40	16.73	7.87	20.87	5.51	650
	3X6-14	3	6	9.84	12.40	4.94	20.87	5.51	468
	4X6-14	4	6	11.02	13.98	5.51	20.87	5.51	503
	4X6-16	4	6	12.40	15.75	5.51	20.87	5.51	566
M	6X8-14	6	8	12.40	15.75	6.30	26.38	7.09	545
	8X8-14	8	8	12.40	17.72	7.09	26.38	7.09	620
	10X10-14	10	10	13.98	18.70	8.86	26.38	7.09	773
	12X12-14	12	12	16.73	22.05	9.84	26.38	7.09	922
	6X8-16	6	8	12.40	17.72	6.30	26.38	7.09	626
	4X6-19	4	6	12.40	16.73	6.30	26.38	7.09	672
L	6X10-16	6	10	13.98	19.69	7.09	29.53	7.09	821
	8X10-16	8	10	16.73	19.69	8.86	29.53	7.09	913
	10X12-16	10	12	16.73	23.62	10.43	29.53	7.09	1077
	14X14-16	14	14	19.69	26.38	11.04	29.53	7.09	1336
	4X8-19	4	8	13.98	17.72	6.30	29.53	7.09	700
	6X10-19	6	10	13.98	19.69	7.09	29.53	7.09	926
	8X10-19	8	10	16.73	22.05	7.87	29.53	7.09	994
	10X12-19	10	12	16.73	23.62	9.84	29.53	7.09	1133
	6X10-22	6	10	16.73	22.05	7.09	29.53	7.09	1087
XL	8X10-22	8	10	16.73	23.62	8.86	29.53	7.09	1198
	12X14-19	12	14	19.69	26.38	11.02	32.68	9.84	1538
	16X16-19	16	16	22.05	29.53	11.81	33.46	9.84	1846
	10X12-22	10	12	19.69	26.38	8.86	32.68	9.84	1451
	12X14-22	12	14	22.05	26.38	10.43	32.68	9.84	1682
	14X16-22	14	16	24.80	29.53	13.19	32.68	9.84	2018
	18X18-22	18	18	24.80	33.46	13.98	33.46	9.84	2321
	6X10-25	6	10	16.73	22.05	7.87	32.68	9.84	1389
	8X12-25	8	12	19.69	24.80	8.86	32.68	9.84	1515
	10X14-25	10	14	22.05	29.53	9.84	32.68	9.84	1688
	20X20-25	20	20	29.53	39.37	15.75	33.46	9.84	2681

Dimensions Model 3185

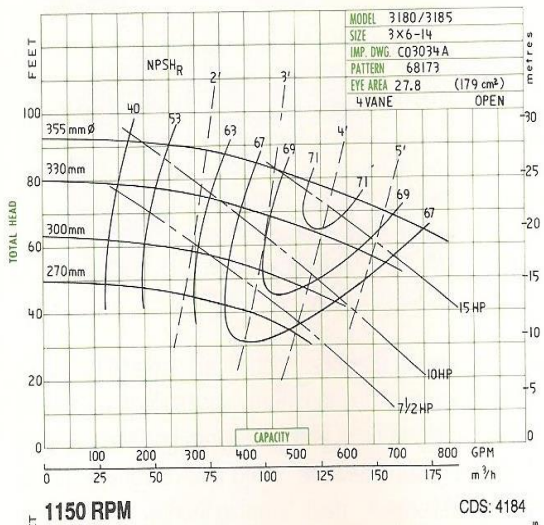
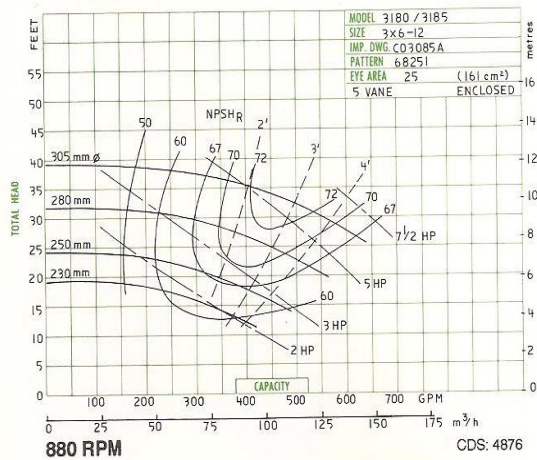
All dimensions in mm. Not to be used for construction.



DIMENSIONS—METRIC (mm)

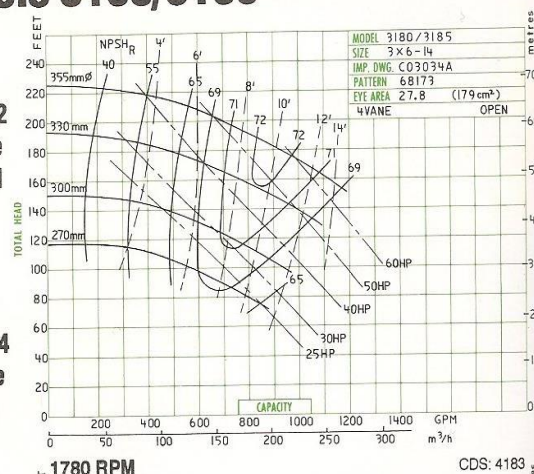
Group	Size	Discharge DN ₁	Suction DN ₂	H ₁	H ₂	A	F	X (minimum)	Pump Weight—kg
S	3X6-12*	80	150	250	315	125	530	140	167
	4X6-12*	100	150	250	355	140	530	140	176
	6X8-12*	150	200	280	375	160	530	140	236
	8X8-12	200	200	315	425	200	530	140	295
	3X6-14*	80	150	250	315	125	530	140	212
	4X6-14*	100	150	280	355	140	530	140	228
	4X6-16*	100	150	315	400	140	530	140	257
M	6X8-14*	150	200	315	400	160	670	180	247
	8X8-14	200	200	315	450	180	670	180	281
	10X10-14	250	250	355	475	225	670	180	351
	12X12-14	300	300	425	560	250	670	180	418
	6X8-16*	150	200	315	450	160	670	180	284
	4X6-19	100	150	315	425	160	670	180	305
L	6X10-16	150	250	355	500	180	750	180	372
	8X10-16	200	250	425	500	225	750	180	414
	10X12-16	250	300	425	600	265	750	180	489
	14X14-16	350	350	500	670	180	750	180	606
	4X8-19	100	200	355	450	160	750	180	318
	6X10-19	150	250	355	500	180	750	180	420
	8X10-19	200	250	425	560	200	750	180	451
	10X12-19	250	300	425	600	250	750	180	514
	6X10-22	150	250	425	560	180	750	180	493
	8X10-22	200	250	425	600	225	750	180	543
XL	12X14-19	300	350	500	670	280	830	250	698
	16X16-19	400	400	560	750	300	850	250	837
	10X12-22	250	300	500	670	225	830	250	658
	12X14-22	300	350	560	670	265	830	250	763
	14X16-22	350	400	630	750	335	830	250	915
	18X18-22	450	450	630	850	355	850	250	1053
	6X10-25	150	250	425	560	200	830	250	630
	8X12-25	200	300	500	630	225	830	250	687
	10X14-25	250	300	560	750	250	830	250	766
	20X20-25	500	500	750	1000	400	850	250	1216

Performance Curves Models 3180/3185



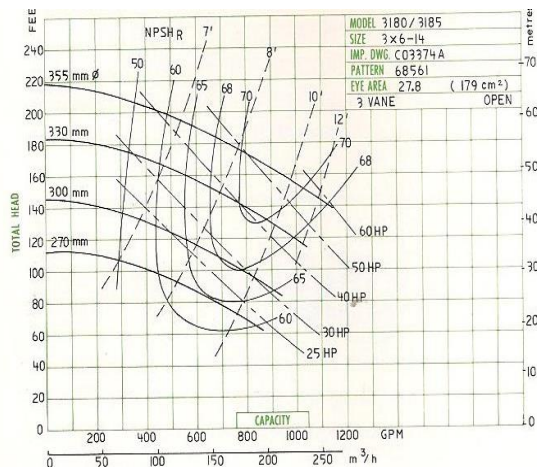
S
3 x 6-12
5 Vane
Closed

3 x 6-14
4 Vane
Open

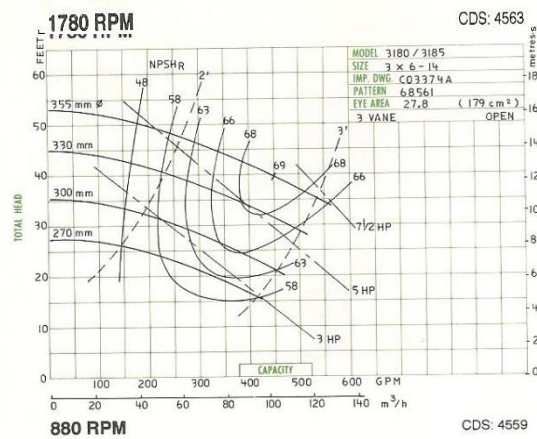


S
3 x 6-14
4 Vane
Open

880 RPM CDS: 4185

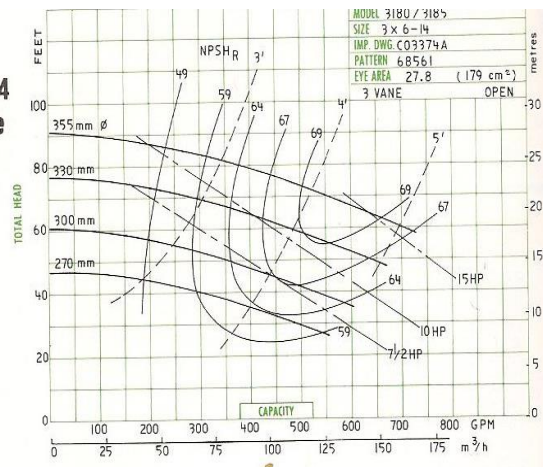


S
3 x 6-14
3 Vane
Open

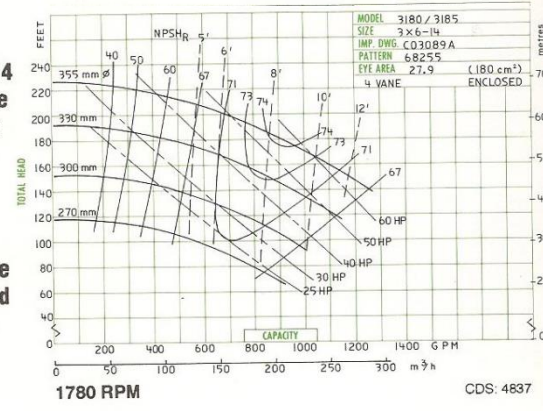


S
3 x 6-14
3 Vane
Open

4 Vane
Closed



1150 RPM CDS: 4561



1780 RPM CDS: 4837

Fuente: CATALOGO DE SELECCIÓN DE GOULDS PUMPS PARA PROCESOS

APÉNDICE 42

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA INSTALACIÓN

HVAC CLASIFICACIÓN DE DUCTOS				
PRESIÓN ESTÁTICA US. (in w.g.)	PRESION DE OPERACIÓN US. (in w.g.)	TIPO DE PRESION	CLASE	MAXIMA VELOCIDAD (FPM)
1/2	Hasta 1/2	Pos/Neg	C	2000
1	De 1/2 a 1	Pos/Neg	C	2500
2	De 1 a 2	Pos/Neg	C	2500
3	De 2 a 3	Pos/Neg	B	4000
4	De 3 a 4	Pos	A	4000
6	De 4 a 6	Pos	A	SE ESPECIFICARA
10	De 6 a 10	Pos	A	SE ESPECIFICARA

Calibres de lámina galvanizada

TOLERANCIAS

TAMAÑO DEL DUCTO	GAUGE	CALIBRE NOMINAL	CALIBRE MÍNIMO	CALIBRE MÁXIMO
2 – 30 "	24	0.7010	0.6010	0.8010
31 – 54 "	22	0.8534	0.7534	0.9534
55 - 84 "	20	1.0058	0.9060	1.1060
85 – 96 "	18	1.3106	1.1810	1.4410
96" y más	16	1.6129	1.510	1.710

Uniones Transversales

0" y 24"	S-Slip
25" y 40"	Bar-Slip de 1"
41" y 60"	Bar-Slip reforzada con platina de 1"
Superior a 60"	Unión bridada de ángulo de hierro de 1 1/2" x1/8

Refuerzos de Ductos

0" y 15"	Sin refuerzo
16" y 24"	Sin refuerzo pero con lámina quebrada
25" y 41"	Refuerzo de ángulo de 1"x1"x1/8"
42" y 84"	Refuerzo de ángulo de 1½"x1½"x1/8
Mayor a 85"	Refuerzo en ángulo de 2"x2"x¼"

Características tuberías

- Material:	Cobre al 99.90% ASTM B 280 o ASTM B 88
- Tipo:	RÍGIDO tipo K
- Fabricación:	Fundición de Cobre.
- Presión de trabajo:	500 psi
- Presión de prueba:	600 psi
- Espesor de pared:	De acuerdo a lo indicado en la Tabla 1.

Designación Convencional	Diámetro				Espesor		Peso		Presión máxima a 100° F			
	Exterior		Interior		Toleranc. 10%		Tramo Metro		Trabajo		Ruptura	
	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	Kg + - 10%		kg/cm	lb/pulg.	kg/cm	lb/pulg.
1/4"	9.53	0.375	7.750	0.305	0.89	0.035	1.296	0.216	74.5	1060.00	570.25	8109
3/8"	12.70	0.500	10.22	0.402	1.24	0.049	2.400	0.400	81.0	1151.82	620.04	8817
1/2"	15.87	0.625	13.39	0.527	1.24	0.049	3.072	0.512	84.0	910.08	496.03	7053.6
5/8"	19.05	0.750	16.57	0.652	1.24	0.049	3.732	0.622	53.0	753.66	478.04	6797.7
3/4"	22.22	0.875	18.92	0.745	1.65	0.065	5.724	0.954	61.5	874.53	489.95	6882.7
1"	28.57	1.125	25.27	0.995	1.65	0.065	7.494	1.249	47.5	675.45	365.55	5198.1
1. 1/4"	34.92	1.375	31.62	1.245	1.65	0.065	9.288	1.548	38.5	547.47	299.47	4258.5
1. 1/2"	41.27	1.625	37.63	1.481	1.82	0.072	12.144	2.024	36.0	511.92	280.35	3986.6
2"	53.97	2.125	49.77	1.959	2.10	0.083	18.396	3.066	31.0	441.00	247.10	3513.8
2. 1/2"	66.67	2.625	61.85	2.435	2.41	0.095	26.100	4.350	29.5	420.00	229.47	3263.1
3"	79.37	3.125	73.84	2.907	2.77	0.109	35.640	5.940	28.8	427.00	224.02	3185.6
4"	104.77	4.125	97.96	3.857	3.40	0.134	57.900	9.650	26.0	370.00	202.24	2875.9

Tabla 1: Espesores de Tubería

Para tubos de diámetro nominal de 1/4" a 3/8"

- Material: Cobre al 99.90% ASTM B 280 o ASTM B 88
- Tipo: L o ACR
- Espesor de pared: 0.032 plg
- Fabricación: Fundición de Cobre.
- Presión de trabajo: 800 psi

Para tubos de diámetro nominal de 1/2"

- Material: Cobre al 99.90% ASTM B 280 o ASTM B 88
- Tipo: L o ACR
- Espesor de pared: 0.035 plg
- Fabricación: Fundición de Cobre.
- Presión de trabajo: 800 psi

Para tubos de diámetro nominal de 5/8" a 3/4"

- Material: Cobre al 99.90% ASTM B 280 o ASTM B 88

- Tipo: L o ACR
- Espesor de pared: 0.040 plg
- Fabricación: Fundición de Cobre.
- Presión de trabajo: 340 psi

Para tubos de diámetro nominal de 1" a 2¹/₈"

- Material: Cobre al 99.90% ASTM B 280 o ASTM B 88
- Tipo: L o ACR
- Espesor de pared: 0.050 plg
- Fabricación: Fundición de Cobre.
- Presión de trabajo: 510 psi

Características Accesorios

Las siguientes especificaciones se aplicarán a codos, uniones y reducciones.

Para diámetro nominal de ¼" a 2¹/₈"

- Material: Cobre al 99.90%
- Tipo: Peso Standard
- Especificación: ANSI 16.22
- Presión de trabajo: 500 psi mínimo
- Tipo de junta: Soldar – Soldar

Las juntas de refrigeración tipo Y, tanto para la línea de líquido como para la línea de vapor, serán de cobre tipo K, ensambladas en fábrica por el mismo fabricante de los equipos de volumen variable, estarán diseñadas para soportar una presión de trabajo de mínimo 500 psi para junta soldada.

Bajo ningún concepto se aceptará la utilización de tees en lugar de juntas de refrigeración y si en el momento de la construcción se cambia el ruteo de las tuberías, el Contratista deberá presentar a la Fiscalización el cálculo de capacidades que respalde la selección de la junta.

Las juntas de refrigeración tendrán las dimensiones adecuadas para manejar la capacidad de refrigeración “aguas abajo”, de acuerdo a las capacidades indicadas en la tabla siguiente:

JUNTA DE REFRIGERACIÓN	CAPACIDAD TOTAL DE UNIDADES INTERIORES
Junta tipo J-1 (01)	Menor o igual a 51 MBH
Junta tipo J-2 (02)	Entre 51 MBH y 138 MBH
Junta tipo J-3 (03)	Entre 138 MBH y 160 MBH
Junta tipo J-4 (04)	Entre 160 MBH y 240 MBH
Junta tipo J-5 (05)	Entre 240 MBH y 336 MBH

SOLDADURA

Para todas las uniones soldadas se utilizará soldadura de plata como mínimo al 5% para tuberías hasta 7/8” y 15% para tuberías entre 1-1/8” y 2-1/8”. Se soplará con nitrógeno por el interior de las tuberías a 2 psig mientras se suelda y se cerrará la válvula de nitrógeno en el momento que se enfríe la tubería.

AISLAMIENTO.

Las tuberías de cobre serán aisladas tanto la de alta como la de baja por separado.

Para diámetro nominal de ¼” a 2 1/8”

- Material: Espuma elastomérica
- Espesor: ½” para las de alta y ¾” para las de baja.
- Color: Negro
- Conductividad a 0 °C 0.034 W/m K
- Temperatura de uso -40 a 105 °C
- Recubrimiento tramos expuestos a: Camisa de tol galvanizado USG 24 o aluminio intemperie:

APÉNDICE 43

CÁLCULO DE COSTO DE OPERACIÓN ENERGÉTICO

	CARGA TERMICA		CAPACIDAD	CARGA ELÉCTRICA [kW/h]				CARGA ELÉCTRICA TOTAL		COSTO kW/h	COSTO DE OP. MÁX/HORA		COSTO DE OP./MES CRITICO		AHORRO
SISTEMA	CON E.R.	SIN E.R.	CONDENSADOR [TR]	CONDENSADOR	ENFRIADORES	BOMBAS	SIST. VENTILACIÓN	CON E.R.	SIN E.R.	INDUSTRIAL	CON E.R.	SIN E.R.	CON E.R.	SIN E.R.	MENSUAL
CHILLER	150,39	181,97	200	221,4	45,97	14,92	2,984		265,31479	\$ 0,08		\$ 21,23		\$ 12.225,71	\$ 5.548,61
VRV		19,37	18	16,785	1,35	0		164,314872	19,412525		\$ 13,15	\$ 1,55	\$ 7.571,63	\$ 894,53	

BIBLIOGRAFÍA

- OSHA, “OSHA TECHNICAL MANUAL (OTM)”, Washington-Estados Unidos, 2009.
- ASHRAE , “ASHRAE Fundamentals Handbook”, Atlanta-Estados Unidos, 2001
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, “Manual de Aire Acondicionado”, Barcelona-España, Marcombo, 2009
- FDA Fish and Fishery Products, “HAZARDS AND CONTROLS GUIDENCE”, Cuarta Edición, Florida-Estados Unidos, 2011.
- ASHRAE, “Cooling and Heating Load Calculation Manual”, Washington-Estados Unidos, 2001.
- ASHRAE, “ASHRAE Standard 62.1-2007 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, Atlanta-Estados Unidos, 2007.
- ASHRAE, “ASHRAE Standard 90.1-2004 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings”, Atlanta-Estados Unidos, 2004.
- ASHRAE, “ASHRAE Standard 55-2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”, Atlanta-Estados Unidos, 2010.
- ASHRAE, “ASHRAE Handbook HVAC Applications 2009”