

**DISEÑO DEL AMBIENTE DE CUARTO AISLADO PARA LA RECUPERACIÓN  
DE PACIENTES ONCOLÓGICOS INMUNOSUPRIMIDOS EN EL ÁREA DE  
HOSPITALIZACIÓN DE LA CLÍNICA MEDICAL DUARTE DE LA CIUDAD DE  
CÚCUTA.**

**CESAR JAVIER CLARO LOPEZ.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS.**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.**

**BUCARAMANGA.**

**2017.**

**DISEÑO DEL AMBIENTE DE CUARTO AISLADO PARA LA RECUPERACIÓN  
DE PACIENTES ONCOLÓGICOS INMUNOSUPRIMIDOS EN EL ÁREA DE  
HOSPITALIZACIÓN DE LA CLÍNICA MEDICAL DUARTE DE LA CIUDAD DE  
CÚCUTA.**

**CESAR JAVIER CLARO LOPEZ.**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Ingeniería de Refrigeración y Climatización.**

**Director: NÉSTOR RAÚL D´CROZ TORRES.**

**Ingeniero Mecánico.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS.**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.**

**BUCARAMANGA.**

**2017.**

## **DEDICATORIA.**

Darle gracias a Dios por protegerme y ser el guía día a día en el camino para permitirme desplazarme desde la ciudad de Cúcuta a Bucaramanga para asistir a clase.

A mi esposa y compañera de vida Derly Jazmín Téllez Varga y mi hijo Jerónimo Claro Téllez, por ser las personas que acompañan, motivan y apoyan este proceso de aprendizaje para beneficio de nuestra familia y hogar.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A la empresa Medical Duarte Z.S. SAS en cabeza del Ingeniero Jesús Javier Duarte Quintero, por brindarme ese voto de confianza y apoyo para obtener este logro personal, para luego aplicar lo aprendido en sus instalaciones Así mismo, diseñar y dirigir los nuevos proyectos.

A mis compañeros de especialización con su experiencia, lograron aportar un granito de arena en mi aprendizaje, a quienes de alguna manera ayudaron a la culminación de esta monografía.

## CONTENIDO.

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                     | 14 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                                                                                                    | 15 |
| 2. JUSTIFICACIÓN.....                                                                                                                                 | 17 |
| 3. OBJETIVOS.....                                                                                                                                     | 18 |
| 3.1 Objetivos Generales:.....                                                                                                                         | 18 |
| Objetivos Específicos:.....                                                                                                                           | 18 |
| 4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA.....                                                                                                           | 19 |
| 4.1. MARCO TEÓRICO.....                                                                                                                               | 19 |
| 4.2. MARCO CONCEPTUAL.....                                                                                                                            | 19 |
| 4.3. MARCO LEGAL.....                                                                                                                                 | 23 |
| 4.3.1. MARCO LEGAL NACIONAL.....                                                                                                                      | 23 |
| 4.3.2. MARCO LEGAL INTERNACIONAL.....                                                                                                                 | 24 |
| 5. PLAN DE TRABAJO.....                                                                                                                               | 25 |
| 5.1 METODOLOGÍA.....                                                                                                                                  | 25 |
| 5.1.1 Etapa 1: Revisión del estado del arte referente al ambiente de hospitalización para recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos..... | 25 |
| 5.1.2 Etapa 2: Establecer los requisitos del ambiente de cuarto aislado para el proceso de recuperación de pacientes oncológicos.....                 | 27 |
| 5.1.3 Etapa 3: Diseñar un ambiente de hospitalización para recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos.....                                | 31 |
| RECOMENDACIONES.....                                                                                                                                  | 87 |
| 6. PRESUPUESTO.....                                                                                                                                   | 92 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA.....                                                                                                                                  | 94 |
| ANEXO 1. Guía de aislamiento.....                                                                                                                     | 95 |
| ANEXO. 2 valores de ventilación e infiltración.....                                                                                                   | 96 |
| ANEXO 3. Ejemplo de reporte de contador de partículas.....                                                                                            | 97 |
| ANEXO 4. PLANO ARQUITECTÓNICO, VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.....                                                                                       | 98 |
| ANEXO 5. DIRECCIONALIDAD DE FLUJO. Dwg.....                                                                                                           | 98 |

## TABLA DE ILUSTRACIONES.

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Esquema de división celular normal con la presencia de una mutación que lleva a producir una célula cancerosa (ICCC 2010). .....                                           | 20 |
| Ilustración 2. Dirección de flujo de aire y diferenciales de presión.....                                                                                                                 | 31 |
| Ilustración 3. Área construida del cuarto aislado.....                                                                                                                                    | 38 |
| Ilustración 4. Plano arquitectónico y ductería de ventilación y climatización. ....                                                                                                       | 39 |
| Ilustración 5. Convención de colores a las flechas de dirección de flujo.....                                                                                                             | 44 |
| Ilustración 6. Dirección de flujo de aire y diferenciales de presión.....                                                                                                                 | 46 |
| Ilustración 7. Datos del proyecto.....                                                                                                                                                    | 50 |
| Ilustración 8. Emplazamiento o datos climáticos del sitio.....                                                                                                                            | 51 |
| Ilustración 9. Parámetros Térmicos. ....                                                                                                                                                  | 52 |
| Ilustración 10. Tipo de edificación (selecciona hospital). ....                                                                                                                           | 53 |
| Ilustración 11. Tipo de recinto (selecciona cuarto de hospitalización). ....                                                                                                              | 54 |
| Ilustración 12. Propiedades de los vidrios marca Vitelsa. ....                                                                                                                            | 55 |
| Ilustración 13. Propiedades de los muros de fachada. ....                                                                                                                                 | 55 |
| Ilustración 14. Condiciones de confort interior del cuarto.....                                                                                                                           | 56 |
| Ilustración 15. Grado de ocupación del recinto. ....                                                                                                                                      | 57 |
| Ilustración 16. Tipo de iluminación del recinto. ....                                                                                                                                     | 58 |
| Ilustración 17. Requerimientos de ventilación.....                                                                                                                                        | 59 |
| Ilustración 18. Cargas adicionales. ....                                                                                                                                                  | 60 |
| Ilustración 19. Ubicación del recinto en edificio. ....                                                                                                                                   | 61 |
| Ilustración 20. Cantidad y ubicación de ventanas.....                                                                                                                                     | 62 |
| Ilustración 21. Carta psicométrica para una altura 309 msnm. ....                                                                                                                         | 74 |
| Ilustración 22. Diagrama de balance de masa y energía. ....                                                                                                                               | 76 |
| Se considera que la sección del serpentín, la caja de mezclas y salida del equipo como el sistema (volumen de control). Ver Ilustración 23. (Diagrama de balance de masa y energía). .... | 78 |
| Ilustración 24. Ilustración 24. Ductulador digital (software McQuay).....                                                                                                                 | 82 |
| Ilustración 25. <i>Distribución de ductos en el cuarto</i> .....                                                                                                                          | 83 |
| Ilustración 26. Esquema de ductos de suministro.....                                                                                                                                      | 84 |
| Ilustración 27. Esquema de ductos de extracción.....                                                                                                                                      | 86 |
| Ilustración 28. Lámina galvanizada.....                                                                                                                                                   | 87 |
| Ilustración 29. Tipo de unión TDF.....                                                                                                                                                    | 88 |
| Ilustración 30. Aislamiento térmico de ductos.....                                                                                                                                        | 89 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Términos relacionados con el tema. ....                                        | 22 |
| Tabla 2. Clasificación de ambientes controlados. ....                                   | 34 |
| Tabla 3. Niveles de filtración. ....                                                    | 36 |
| Tabla 4. Caudal calculado para presurización de cuarto. ....                            | 41 |
| Tabla 5. Límites de las Clases del Estándar ISO 14644-1.....                            | 42 |
| Tabla 6. Convenciones de diferenciales de presión.....                                  | 45 |
| Tabla 7. Resumen de carga térmica (Reporte generado por el software Cype cad).<br>..... | 63 |
| Tabla 8. Datos comparativos de flujo de aire .....                                      | 71 |
| Tabla 9. Factor de desvió (FD) típicos para diferentes aplicaciones.....                | 73 |
| Tabla 10. Valores del aire en cada punto en tabla psicométrica.....                     | 75 |
| Tabla 11. Valores del aire del proceso en punto 3 y 4. ....                             | 77 |
| Tabla 12. Datos comparativos de cálculo. ....                                           | 80 |
| Tabla 13. Selección de suministro usando ductulador.....                                | 84 |
| Tabla 14. Selección de extracción usando ductulador.....                                | 86 |

## **GLOSARIO.**

### **CUARTO DE AISLAMIENTO.**

Sala dotada de sobrepresión o depresión según su uso. Inmunosuprimidos o infeccioso bien para proteger al paciente o el entorno.

### **ESCLUSA.**

Espacio construido entre dos áreas de diferentes clases, se usa para reducir la transmisión de agentes infecciosos y contaminantes.

### **UMA.**

Equipo de ventilación y acondicionamiento térmico del aire.

### **INFECCIÓN NOSOCOMIAL (DEFINICIÓN DE LA OMS).**

Una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de esa infección. El termino nosocomial proviene del latín “nosocomium” que significaba hospital, en esa época el “nosocomium” se consideraba un lugar peligroso.

### **AIRE DE EXTRACCIÓN.**

Aire, normalmente viciado, que se expulsa al exterior.



**AIRE DE RETORNO.**

Aire procedente de los espacios acondicionados. El aire de retorno estará constituido por el aire de recirculación y, eventualmente, por el aire de expulsión.

**CAÍDA DE PRESIÓN.**

La diferencia de presión entre dos puntos.

**CLIMATIZACIÓN.**

Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.

**VENTILACIÓN MECÁNICA.**

Proceso de renovación del aire de un local por medio mecánico.

**TRATAMIENTO DE AIRE.**

Proceso que modifica algunas de las características fisicoquímicas del aire.

**ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE.**

Control de la temperatura, humedad, movimiento, y limpieza del aire en un espacio confinado.

## RESUMEN.

**TITULO:** DISEÑO DEL AMBIENTE DE CUARTO AISLADO PARA LA RECUPERACIÓN DE PACIENTES ONCOLÓGICOS INMUNOSUPRIMIDOS EN EL ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN DE LA CLÍNICA MEDICAL DUARTE DE LA CIUDAD DE CÚCUTA<sup>1</sup>.

**AUTOR:** CESAR JAVIER CLARO LOPEZ<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** diseño, cuarto aislado, ambiente, inmunosuprimidos, oncológico, hospitalización, climatización, ventilación, calidad de aire.

La presente propuesta contiene y describe información técnica, respetando protocolos de recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos propuestos por el equipo del servicio de oncología de la Clínica Medical Duarte, para garantizar una recuperación en un área que cuente con confort térmico, óptima calidad de aire en una entidad prestadora de servicios de salud.

El motivo que impulsa a realizar este trabajo es aportar al estado del arte un concepto de ingeniería basado en conceptos médicos que ayuden a evitar la muerte del paciente diagnosticado con cáncer en proceso de recuperación.

La etapa de desarrollo del diseño permite evaluar con efectividad resultados en la disminución de la tasa de mortalidad en los pacientes oncológicos inmunosuprimidos a consecuencia de enfermedades nosocomiales que serán tratadas con la implementación de este trabajo.

Se tuvo en cuenta criterios de diseño propios, normas nacionales e internacionales que hablan del tema. Los temas principales que se tienen en cuenta para logra un confort y condiciones de funcionamiento de un cuarto aislado para paciente oncológicos inmunosuprimidos son:

Temperatura, humedad relativa, clasificación de aire en área construida, cambios de aire por hora, partículas en suspensión, filtración de aire, tiempo de recuperación, diferencial de presión entre áreas, direccionalidad de flujo de aire, caudal de presurización de cuarto y área construida.

Para futuras construcciones este diseño servirá de apoyo para garantizar un ambiente óptimo de cuarto aislado, que cumpla con los requisitos para una recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos.

---

<sup>1</sup> Monografía de grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Néstor Raúl D'croz torres, ingeniero mecánico.

## SUMMARY.

TITLE: DESIGN OF THE ROOM ISOLATED AREA FOR THE RECOVERY OF IMMUNOSUPPRIMED ONCOLOGICAL PATIENTS IN THE HOSPITALIZATION AREA OF THE MEDICAL DUARTE CLINIC OF THE CITY OF CÚCUTA<sup>3</sup>.

**AUTHOR:** CESAR JAVIER CLARO LOPEZ<sup>4</sup>.

**KEYWORDS:** design, isolated room, environment, immunosuppressed, oncological, hospitalization, air conditioning, ventilation, air quality.

The present proposal contains and describes technical information, respecting protocols of recovery of immunosuppressed cancer patients proposed by the oncology service team of the Medical Duarte Clinic, to guarantee a recovery in an area that has thermal comfort, optimum air quality in a health service provider entity.

The reason that drives this work is to provide the state of the art with an engineering concept based on medical concepts that help avoid the death of the patient diagnosed with cancer in the process of recovery.

The stage of development of the design allows evaluating effectively results in the reduction of the mortality rate in the immunosuppressed oncological patients as a consequence of nosocomial diseases that will be treated with the implementation of this work.

It took into account own design criteria, national and international standards that talk about the subject. The main topics taken into account to achieve comfort and operating conditions of an isolated room for oncological immunosuppressed patients are:

Temperature, relative humidity, air classification in built area, air changes per hour, particles in suspension, air filtration, recovery time, pressure differential between areas, air flow directionality, room pressurization flow and built area .

For future construction, this design will serve as a support to guarantee an optimal environment for an isolated room that meets the requirements for the recovery of immunosuppressed cancer patients.

---

<sup>3</sup> Degree monograph.

<sup>4</sup> Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Néstor Raúl D'croz torres, ingeniero mecánico.

## INTRODUCCIÓN

Se presenta este trabajo de grado en la modalidad de monografía, con el objetivo de brindar un apoyo basado en cálculos que permitan implementarse en cualquier entidad prestadora de salud, que cuente con el servicio habilitado de hospitalización de pacientes oncológicos y quiera garantizar lo descrito, cumpliendo en este documento con la calidad de ambiente y bienestar en la estancia de hospitalización a sus pacientes.

Para las entidades de salud, Ministerio de protección social, diseñadores y constructores, este diseño presenta una noción en el estado del arte que se quiere implementar en esta entidad; actualmente, Colombia no cuenta con un registro de estudios que permitan revisar diseños para tener en cuenta y así disminuir el alto riesgo de mortalidad a los pacientes oncológicos inmunosuprimidos, por no contar con sitios o cuartos aislados que garanticen una recuperación a los pacientes.

El resultado final de este trabajo, presenta una referencia documentada en diseños y cálculos que permite direccionar un trabajo de climatización y ventilación para cuarto aislado de pacientes oncológicos inmunosuprimidos en las entidades prestadoras de salud.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad, la tasa de mortalidad en los pacientes con cáncer o tumores sólidos de origen hematológico, están asociadas a enfermedades nosocomiales<sup>5</sup> relacionados con el uso frecuente de esquemas de tratamientos intensivos con medicamentos antineoplásicos<sup>6</sup>, moduladores biológicos o anticuerpos monoclonales que ocasionan efectos secundarios en la médula ósea ocasionando depleción y alteración en la producción temporal de las células progenitoras hematopoyéticas<sup>7</sup> que favorecen la inmunosupresión del paciente para defenderse de infecciones sobre agregadas o nosocomiales.

Además, los cambios asociados con problemas metabólicos relacionados con la toxicidad de los medicamentos específicos para los sistemas hepático, renal y/o respiratorio, lo cual exige un soporte mayor en cuanto a las condiciones intrahospitalarias para la atención del paciente en un ambiente completamente aislado con exigencias y estándares establecidos por las sociedades responsables en el manejo de las enfermedades infecciosas.

La carencia de estas condiciones de infraestructura intrahospitalaria limita el manejo de las complicaciones primarias o secundarias por las patologías neoplásicas o por los medicamentos utilizados, que aumentan la mortalidad durante los tratamientos con objetivo curativo, incluidos los trasplantes de médula ósea en pacientes adultos y pediátricos para el manejo de las leucemias, linfomas, o mielomas múltiples, entre otras patologías de origen maligno. Igualmente, en complicaciones de pacientes en tratamiento con recaídas tumorales o persistencias de la patología, manejando algunos de ellos con carácter paliativo dentro de los protocolos de ensayos clínicos autorizados institucionalmente.

---

<sup>5</sup> Enfermedades adquiridas en estado de hospitalización ajenas a la enfermedad tratada.

<sup>6</sup> Sustancias que impiden el desarrollo, crecimiento, o proliferación de células tumorales malignas.

<sup>7</sup> Célula inmadura que se puede transformar en todos los tipos de células sanguíneas

En los cuartos aislados no ingresa el grupo general de pacientes quirúrgicos oncológicos por tener condiciones diferentes en el origen de la etiopatogenia<sup>8</sup> de las enfermedades, ni tampoco pacientes oncológicos con riesgos menores.

---

<sup>8</sup> Se refiere al origen de una enfermedad y sus mecanismos, síntomas y tratamiento.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

Mediante el desarrollo de este diseño de cuarto aislado para la infraestructura intrahospitalaria, se pretende brindar la información necesaria para presentar la mejor solución a la recuperación del paciente inmunocomprometido oncológico, después de recibir tratamiento intensivo, con el objetivo de garantizar óptimas condiciones ambientales, para evitar las altas tasas de mortalidad del paciente por enfermedades nosocomiales durante su hospitalización.

Así mismo, profundizar y aportar en el conocimiento y estudio de la legislación nacional relacionada con los requisitos mínimos de habilitación para este tipo de infraestructura intrahospitalaria, como también adoptar las normas internacionales que regulan las condiciones óptimas para la recuperación de este tipo de pacientes con enfermedades oncológicas, que exigen las condiciones más estrictas necesarias, para atender este tipo de condiciones clínicas intrahospitalarias.

### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1 Objetivos Generales:**

Diseñar un cuarto aislado, ventilado y climatizado para hospitalización de pacientes oncológicos inmunosuprimidos después de la terapia o intervención oncológicas, esto con el fin de optimizar la recuperación de pacientes en la Clínica Medical Duarte de la ciudad de Cúcuta.

#### **Objetivos Específicos:**

- 3.2.1 Realizar una revisión del estado del arte relacionado con cuartos aislados de hospitalización, para recuperación de paciente oncológico.
- 3.2.2 Establecer los requisitos del ambiente en cuarto aislado para el proceso de recuperación de pacientes oncológicos después de la terapia.
- 3.2.3 Diseñar un cuarto aislado para la atención de pacientes oncológicos inmunosuprimidos que requieren manejo del dolor, cuidado paliativo de uso intrahospitalario.



## **4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA.**

### **4.1. MARCO TEÓRICO.**

La realización del diseño propuesto es un complemento al proceso de formación en la especialización de Ingeniería en refrigeración y climatización que pretende no sólo elevar el nivel de conocimiento del tema en el entorno, sino también, contribuir en esta área con el aporte de una nueva propuesta de un ambiente climatizado y ventilado para paciente oncológico inmunosuprimidos. Compartiendo diferentes disciplinas en el tratamiento y seguimiento del paciente inmunosuprimidos en cuidados paliativos oncológicos como nutricionista, médicos internistas, auxiliares de enfermería, psicólogos, ingenieros entre otros.

En el presente trabajo se desarrolla un diseño de cuarto aislado climatizado y ventilado, para ser usado por pacientes y valorar su utilidad en los mismos, para garantizar las condiciones y recuperación. Además, de presentar una propuesta que permita resolver muchos interrogantes que existen hoy en día con respecto a la utilidad de un buen ambiente de recuperación para pacientes oncológicos inmunosuprimidos.

### **4.2. MARCO CONCEPTUAL.**

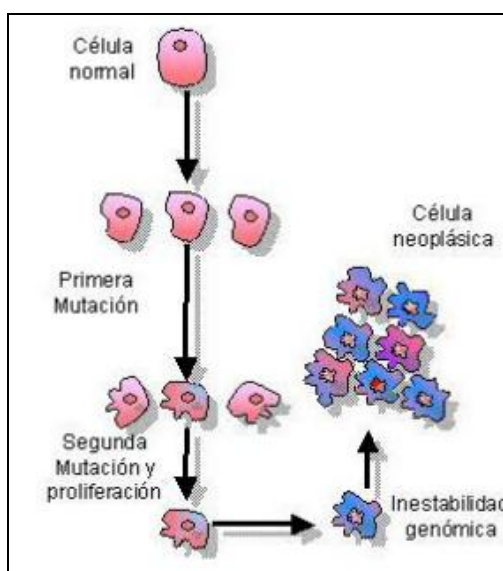
Definición de cáncer:

El diccionario de la Real Academia Española en su última edición define cáncer como una enfermedad neoplásica con transformación de las células, que proliferan de manera anormal e incontrolada (DRAE 2010).

El origen de la palabra cáncer es acreditado a Hipócrates (460–370 B.C.), médico griego considerado el padre de la medicina. Hipócrates usó la palabra carcinos y

carcinoma para describir tumores que no formaban úlcera y tumores que formaban úlcera. En griego esta palabra significaba cangrejo aplicada por la semejanza de las proyecciones vasculares (venas entumecidas) que se remarcaban sobre la piel cercana a los órganos atacados por tumores y recuerdan las extremidades del cangrejo (ACS 2010).

*Ilustración 1.* Esquema de división celular normal con la presencia de una mutación que lleva a producir una célula cancerosa (ICCC 2010).



*Fuente:* Unidades asistenciales del área del cáncer estándares y recomendaciones de calidad y seguridad. Informes, estudios e investigación 2013. Ministerio de sanidad, servicio social e igualdad.

## AGENTES AMBIENTALES.

A pesar de que muchas de las causas del cáncer en humanos permanecen aún sin identificar, se ha acumulado gran cantidad de evidencia que sustenta, entre los agentes ambientales son la principal causa del cáncer en humanos.

- El humo del cigarro podría ser responsable del 25 % de todos los cánceres en el humano.
- Carcinógenos químicos.
  - o Aminas aromáticas.
  - o Benceno.
  - o Aflatoxinas.
  - o Tabaco.
  - o Agentes químicos.
- Carcinógenos de Radiaciones.
  - o Radiación ultravioleta.
  - o Radiación ionizante.
  - o Radón.
- Metales carcinógenos (asociados a exposición laboral).
  - o Níquel.
  - o Arsénico.
  - o Cadmio.
  - o Cromatos.
- Fibras.
  - o Asbestos.
  - o Sílica o Polvo (Asociados a cáncer de pulmón).

#### PROBLEMAS ASOCIADOS CON EL CÁNCER.

Como se mencionó, al inicio existe un incremento en la expectativa de vida, además de mejores métodos de diagnóstico, por lo que la probabilidad de diagnósticos oncológico a lo largo de la vida es cada día más frecuente. Esto conlleva a una serie de problemas que en la actualidad reflejan un aumento en el

número de pacientes con cáncer y también en los sobrevivientes del mismo. De la totalidad de las muertes por Cáncer un tercio de éstas están relacionadas con unas prácticas de actividad física sub óptimas y problemas dietéticos<sup>9</sup>.

*Tabla 1.* Términos relacionados con el tema.

| <b>Clasificación Internacional de la WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION)<br/>de Funcionalidad, de Discapacidad y Definiciones de Salud</b>                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Discapacidad:</b> Problemas en la función corporal o estructural tales como una desviación o pérdida de una parte del cuerpo u órgano del sistema. |
| <b>Limitaciones de la Actividad:</b> Dificultades que un individuo presenta ejecutando las actividades de la vida diaria                              |
| <b>Restricción de la participación:</b> Problemas que un individuo puede presentar relacionado con situaciones de la vida diaria.                     |

*Fuente:* Elaboración propia.

## CUIDADOS PALIATIVOS.

Con el aumento de la edad hay un incremento en la prevalencia de enfermedades y entre ellas una de las más importantes es el cáncer<sup>10</sup>. Paliar viene del latín palliare, pallium, capa y significa tapar, encubrir, disimular la violencia de ciertos procesos, mitigar y moderar el rigor o la violencia. A medida que la enfermedad va progresando, cobran más relieve en la atención médica.

Otros objetivos están, paliar los síntomas y las secuelas, cuidar al enfermo, hacerle más llevadero el curso de la enfermedad. Los cuidados paliativos son el cuidado total de los pacientes y sus familiares por un equipo multidisciplinar

---

<sup>9</sup> Demark-Wahnefried 2008

<sup>10</sup> Terret 2009.

cuando la enfermedad no responde al tratamiento curativo<sup>11</sup>. La calidad de vida y confort de los enfermos terminales, antes de su muerte pueden ser mejorados considerablemente mediante el control de síntomas, apoyo emocional, social, espiritual, cambios organizativos y el apoyo de equipo multidisciplinar. La meta del Cuidado paliativo es mejorar la calidad de vida de los pacientes y sus familias.

#### **4.3. MARCO LEGAL.**

En la actualidad no hay ningún documento que exija o establezca las condiciones del ambiente para recuperar pacientes oncológicos inmunosuprimidos buscando evitar enfermedades nosocomiales a consecuencia del uso de ambientes no adecuados en pacientes inmunodeficientes. Sin embargo, existen leyes y normas que condicionan los tratamientos oncológicos y establecen parágrafos que determinan una atención íntegra en la hospitalización del paciente.

##### **4.3.1. MARCO LEGAL NACIONAL.**

###### **LEY 1384 DE 2010 (abril 19).**

Ley Sandra Ceballos, por la cual se establecen las acciones para la atención integral del cáncer en Colombia. Congreso de Colombia.

###### **LEY 1388 DE 2010 (abril 19).**

Por el derecho a la vida de los niños con cáncer en Colombia. Congreso de Colombia.

---

<sup>11</sup> Ahmedzai en 1990

#### **RESOLUCIÓN 1383 DE 2013 (mayo 2).**

Por la cual se adopta el Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia, 2012-2021. Ministerio de salud y protección social.

#### **RESOLUCIÓN 2003 DE 2014, del Ministerio de Salud y Protección Social.**

Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud. Ministerio de salud y protección social.

#### **4.3.2. MARCO LEGAL INTERNACIONAL.**

**Resolución WHA58.22 de 2005** de la 58ª Asamblea mundial de la salud: prevención y control de cáncer. Insta a los estados miembros a que en la planificación de sus actividades de control presenten especial atención a los diagnósticos de cáncer relacionados con exposiciones vitales, en particular la exposición a algunos agentes infecciosos.

**Resolución CD48.R10 de 2008 de la OMS.** Estrategias y plan de acción regionales sobre la prevención y el control de cáncer uterino.

## 5. PLAN DE TRABAJO.

### 5.1 METODOLOGÍA.

La metodología que debe utilizarse para este tipo de proyecto es cuantitativo, Comprende:

**5.1.1 Etapa 1:** Revisión del estado del arte referente al ambiente de hospitalización para recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos.

- Búsqueda en base de datos biblioteca, internet, revistas científicas e informativas en salud:
  - Normas colombianas referentes a climatización hospitalaria para pacientes oncológicos inmunosuprimidos.

Siendo Acaire (Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración) una entidad que estudia y conoce del tema de climatización y ventilación emite un documento guía llamado “GUÍA ACAIRE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA ESTABLECIMIENTOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES” basado y tomando literatura de entidades internacionales que han verificado, aplicado y documentado el tema de climatización hospitalaria.

- Sistemas de climatización en habitaciones de hospitalización.

En la guía Acaire de octubre 2013, acondicionamiento de aire para establecimientos hospitalarios y similares se hace referencia a cuartos aislados para pacientes protegidos ítem 8.1.3 página 10.

- Recopilación de información relevante.

Normativa colombiana.

La resolución 2003 de 2014 en la página 97, en los requerimiento de hospitalización de mediana y alta complejidad, en su ítem de infraestructura exige en hospitalización oncológica que debe contar con cuarto de aislamiento para pacientes inmunosuprimidos. Sin embargo, no hace referencia a que tipo de aislamiento debe tener y cuáles son las condiciones necesarias para cumplir este tipo de condición de hospitalización.

- Clasificación de los documentos encontrados, de acuerdo con los siguientes criterios:
  - Relevancia, de acuerdo con fecha de publicación.
  - Reglamentación nacional.
  - Normatividad internacional.
- Lectura de documentos de acuerdo con su clasificación.

Documentación leída:

- Norma Acaire de acondicionamiento de aire para establecimientos hospitalarios y similares.
- Norma UNE 100713-2005 instalación de acondicionamiento de aire en Hospitales.
- HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics.
- ASHRAE standart 170-2008.
- Good practice guide Ventilation and air conditioning (HVAC).



- Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros hospitalarios de Castilla y León 2012.
- Operating Room HVAC Setback Strategies (revista ASHE).

**5.1.2 Etapa 2:** Establecer los requisitos del ambiente de cuarto aislado para el proceso de recuperación de pacientes oncológicos.

- Entrevistas al personal médico especialista y enfermeras del servicio oncológico.

La habitación o cuarto de ambiente<sup>12</sup> protector se le asigna a paciente con el sistema inmune debilitado, requieren protección contra agentes infecciosos en el aire y de contacto. En este caso, el paciente debe ser protegido contra microbios infecciosos, incluyendo patógenos oportunistas que normalmente no representan un riesgo de infección para individuos sanos.

- Protocolo de recuperación.

Este documento es propio de la Clínica Medical Duarte, está aprobado por el ente habilitador para prestar un servicio de hospitalización para pacientes oncológico. Dicho documento será anexado como evidencia de la prestación del servicio de hospitalización. Este trabajo de monografía respeta y acata dicho protocolo. Ver Anexo 1.

- Determinar variables involucradas en el ambiente.

**Confort térmico:** Teniendo en cuenta los parámetros tradicionales como temperatura y humedad relativa, es relevante tener en cuenta que los requisitos o requerimientos médicos pueden salirse de los parámetros clásicos de confort y

---

<sup>12</sup> Lugar físico delimitado por barrera fija piso techo, en el cual se realiza una actividad específica o varias compatibles.

desvirtuar el ahorro energético para lograr una recuperación óptima de un paciente.

**Temperatura:** Es una magnitud asociada a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica<sup>13</sup>.

**Humedad relativa:** Se entiende como la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire del ambiente con respecto a la máxima cantidad de vapor de agua contenida a dicha temperatura.

**Cambios de aire por hora (C.A.H.):** los cambios de aire por hora en los cuarto de hospitalización para pacientes oncológicos inmunosuprimidos no están definidos, sin embargo para este proyecto se tienen en cuenta el criterio de salas limpias establecidos por la UNE-EN ISO 14644 2015. Que debe ser mayor a 20 cambios por hora.

En la resolución 4445 de 1996 del Ministerio de salud de Colombia en el artículo 34 en el segundo párrafo para servicios quirúrgicos recomienda 25 y 30 renovaciones de aire por hora como mínimo.

Al ser un cuarto aislado para pacientes oncológicos inmunosuprimidos, por recomendación de médicos tratantes consultados, se debe garantizar un ambiente limpio protector similar a una sala de cirugía.

---

<sup>13</sup> En *Wikipedia*. Recuperado el 03 de noviembre de 2017 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>

**Clasificación del área:** Salas de ambiente protector calidad de aire IDA 1<sup>14</sup>

**Partículas en suspensión:** El aire en el ambiente natural o artificial incluye la presencia de material particulado; las partículas en suspensión pueden ser muy variadas y pueden ocasionar un problema sanitario en ambientes hospitalarios porque tienen la capacidad de transportar agentes infecciosos, alergénicos y patógenos.

**Tiempo de recuperación:** Es el periodo de tiempo que tarda el cuarto de hospitalización en alcanzar una clasificación ISO<sup>15</sup> de aire determinado. Esta prueba se realiza midiendo o contando el número de partículas aéreas en suspensión.

**Requisitos de la tasa de cambio de aire:** Para un paciente oncológico se recomienda que no se recircule aire viciado o circundante en ambientes adyacentes del área donde se encuentra el paciente en recuperación; de este modo el aire debe ser 100% tomado del exterior.

**Calidad de aire (Control de partículas o expectativas de filtración):** Cada área está determinada para un uso y exige de un nivel de limpieza de aire específico. El nivel de filtración en un ambiente de cuarto aislado es muy importante para garantizar que el aire que se introduce en el área donde se encuentra el paciente es totalmente libre de partículas de cierto tamaño y microorganismos.

**Diferenciales de Presión:** La diferencia de presión entre el cuarto de recuperación y las áreas adyacentes, es un mecanismo para controlar el cruce de aire entre el cuarto de hospitalización y las áreas contiguas. Este sistema se

---

<sup>14</sup> IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

<sup>15</sup> Concretamente la ISO 14644-1 se ocupa de clasificar las Sala limpias en función de la limpieza del aire

consigue controlando los caudales de suministro y extracción, así se garantizan que no se crucen corrientes de aire, ni ocurra circulación de partículas desde ambientes obligatorios en el cuarto de hospitalización como son aparatos sanitarios y lavamanos en las antecámaras o esclusas.

**Dirección de flujo de Aire:** El aire en condiciones de movimiento arrastra posibles partículas y otros elementos contaminantes; por esto es importante determinar el sentido del movimiento de aire en las zonas adyacentes al área de hospitalización que debe ser protegida, este parámetro está relacionado con el diferencial de presión entre el cuarto y sus áreas, porque la presión por sí sola no es capaz de garantizar que el aire se desplace en la dirección que interesa. Los empujes y turbulencias del aire que se crean al abrir y cerrar una puerta, la diferencia de temperatura en el aire estratificado son suficientes para que ocurran intercambios de aire no controlado, incluso el aire arrastrado por las personas al entrar y salir de la zona de hospitalización del paciente oncológico inmunosuprimidos. Ver ilustración 2.

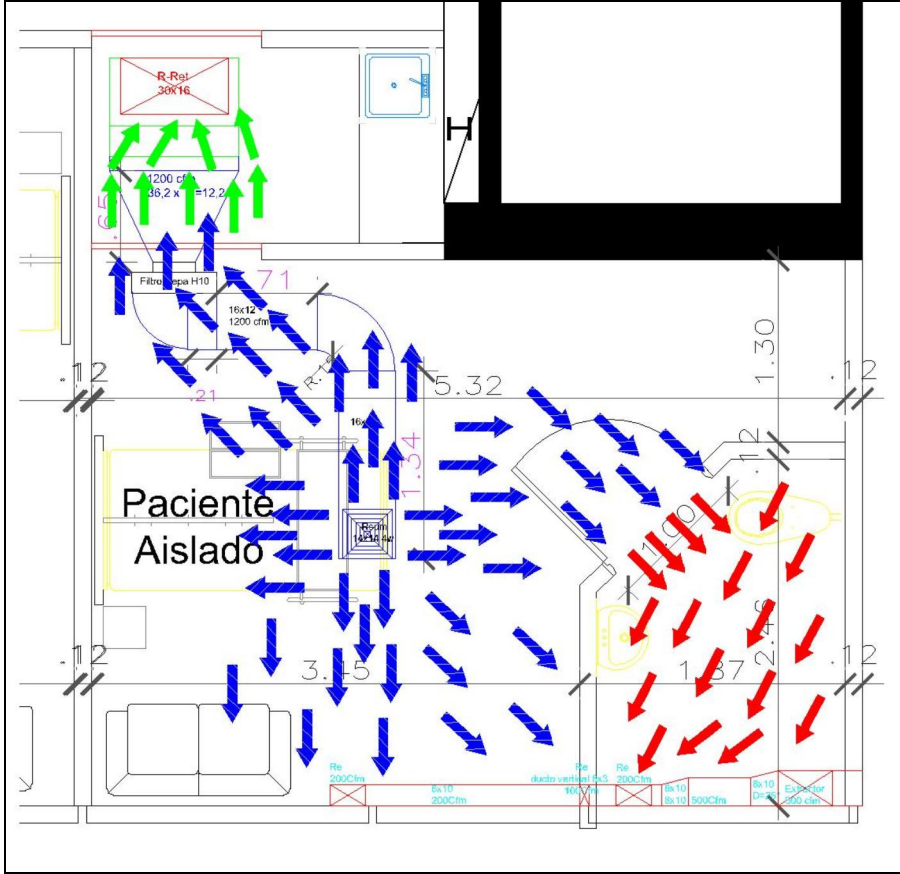
En la ilustración 2, se dibujan las tres direcciones que se generan mecánicamente por suministro, retorno y extracción de aire en el cuarto.

Las líneas azules ilustran el aire de suministro que genera la presión positiva en la habitación y ocasionando el desplazamiento de aire (dirección de flujo) así a las adyacentes del cuarto generando un ambiente protector al paciente.

Las líneas rojas ilustran el aire de extracción que genera la presión negativa en el baño y ocasiona el desplazamiento de aire así al exterior.

Las líneas verdes ilustran el aire de retorno que genera la presión negativa en la esclusa, donde se encuentra un lavamanos y posturas de batas.

En la ilustración 2, por recomendación de las habilitaciones hospitalarias los auditores prefieren que el tamaño y cantidad de flechas ilustren el movimiento del aire como se percibe en la realidad.



*Fuente:* elaboración propia

### 5.1.3 Etapa 3: Diseñar un ambiente de hospitalización para recuperación de pacientes oncológicos inmunosuprimidos.

Parámetros o variables ambientales a controlar en el cuarto aislado.

Teniendo en cuenta la documentación leída, las recomendaciones de los médicos oncólogos se establecen los siguiente parámetros y variables con sus respectivos

valores que permitirán al paciente una hospitalización sin causarle afectaciones y mejorando las condiciones ambientales para su recuperación.

- **Temperatura.**

Los datos de temperatura sugeridos por:

HVAC manual de diseño para hospitales y clínicas segunda edición de 3013. En la página 77 tabla 3.3 ítem - cuarto de ambiente protector (t) 21°C – 24°C.

Norma española instalaciones de acondicionamiento de aire para hospitales (UNE 100713 septiembre 2005). En la página 22 tabla 5. Ítem 2,2 cuidados especiales habitaciones con camas. Temperaturas entre 24°C – 26°C.

Para este diseño se toma en cuenta el parámetro mínimo de la norma española: 24°C<sup>16</sup>.

- **Humedad relativa.**

Los datos de humedad relativa sugeridos por:

HVAC manual de diseño para hospitales y clínicas segunda edición de 3013. En la página 77 tabla 3.3 ítem - cuarto de ambiente protector (t) Max 60%.

Norma española instalaciones de acondicionamiento de aire para hospitales (UNE 100713 septiembre 2005). En la página 22 tabla 5. Ítem 2,2 cuidados especiales habitaciones con camas. Humedad relativa entre 45% y 55%.

---

<sup>16</sup> Grados Celsius de Temperatura.

Para este diseño se toma en cuenta un criterio propio de diseño y confort 50% humedad relativa.

- **Clasificación del área.**

Norma española instalaciones de acondicionamiento de aire para hospitales (UNE 100713 septiembre 2005). En la página 22 tabla 5. Ítem 2,2 cuidados especiales habitaciones con camas la clasifica como Clase de local I<sup>17</sup>.

Para este diseño se determina clasificar esta área según las recomendaciones de la norma española Salas de ambiente protector<sup>18</sup> ISO 7. Ver tabla 2.

- **Cambios de aire por hora (C.A.H.).**

En la resolución 4445 de 1996 del ministerio de salud de Colombia en el artículo 34 en el segundo párrafo para servicios quirúrgicos recomienda 25 a 30 renovaciones o cambios de aire por hora como mínimo.

En este diseño se calcula teniendo en cuenta los caudales de aire para presurización y ventilación.

- **Conteo de partículas aéreas.**

El aire ambiental contiene material en suspensión de origen natural o artificial.

Las partículas en suspensión pueden ser muy variadas y aunque pueden suponer un problema sanitario en sí mismas, en los ambientes hospitalarios son preocupantes especialmente por la capacidad de transportar agentes infecciosos, alergénicos o patógenos en general.

---

<sup>17</sup> Clase I: con exigencias muy elevadas de calidad de aire

<sup>18</sup> Lugar físico delimitado por barrera fija piso techo, en el cual se protege un paciente en aislamiento.

En la tabla 2, se observa la clasificación de área versus Límites máximo de concentración de partículas mayores que e iguales a, (Partículas/m<sup>3</sup> de aire).

*Tabla 2.* Clasificación de ambientes controlados.

|             | $\geq 0.1\mu\text{m}$ | $\geq 0.2\mu\text{m}$ | $\geq 0.3\mu\text{m}$ | $\geq 0.5\mu\text{m}$ | $\geq 1\mu\text{m}$ | $\geq 5.0\mu\text{m}$ |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| ISO Clase 1 | 10                    | 2                     |                       |                       |                     |                       |
| ISO Clase 2 | 100                   | 24                    | 10                    | 4                     |                     |                       |
| ISO Clase 3 | 1.000                 | 237                   | 102                   | 35                    | 8                   |                       |
| ISO Clase 4 | 10.000                | 2.370                 | 1.020                 | 352                   | 83                  |                       |
| ISO Clase 5 | 100.000               | 23.700                | 10.200                | 3.520                 | 832                 | 29                    |
| ISO Clase 6 | 1.000.000             | 237.000               | 102.000               | 35.200                | 8.320               | 293                   |
| ISO Clase 7 |                       |                       |                       | 352.000               | 832.00              | 2.930                 |
| ISO Clase 8 |                       |                       |                       | 3.520.000             | 832.000             | 29.300                |
| ISO Clase 9 |                       |                       |                       | 35.200.000            | 8.320.000           | 293.000               |

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Tiempo de recuperación del aire en el cuarto.**

El tiempo de recuperación cinética de un cuarto de descontaminación para partículas mayores o iguales  $0,5\mu\text{m}$  se refiere al tiempo que necesita el sistema de ventilación para obtener una descontaminación un 90% con relación al pico de contaminación inicial.

Es un valor muy importante que debe tenerse en cuenta como margen de seguridad antes de volverse a utilizar el cuarto después de una desinfección o mantenimiento (reparación). Depende principalmente de la tasa de renovaciones.



- **Requisitos de la tasa de renovación de aire.**

El control de la contaminación por dilución consiste en la introducción de aire libre de contaminantes para disminuir la concentración del mismo generado en el interior del cuarto. Los entornos hospitalarios son propicios a la presencia de partículas aéreas potencialmente patógenas procedentes de diversos focos (paciente, entorno).

La ventilación en hospitales se valora en términos de renovaciones por hora o metros cúbicos por hora por metro cuadrado construido como se detalla en la norma UNE 100713.

Para este diseño se toma de la tabla No. 5 (Exigencias de la climatización en hospitales) fila 2 columna 2 menciona el área del hospital o tipo de local. En las columnas de la 3 a la 8 menciona las condiciones ambientales y climáticas sugeridas por esta norma.

De la columna 1, reglón 2.2 que menciona cuidados especiales, se toma el dato de caudal mínimo de aire.

$$\text{Caudal mínimo de aire } 30 \frac{m^3}{h} * m^2$$

- **Control de partículas.**

La correcta purificación del aire en la climatización en cuartos aislados para pacientes oncológicos inmunosuprimidos es importante, ya que los microorganismos en la práctica se comportan como partículas en suspensión o van unidas a partículas sólidas o micro gotas.

La purificación del aire incluye diversas tecnologías que van desde retención mecánica de partículas a la inactivación o destrucción de los microorganismos por medio de radiación ultra violeta o fotocátalisis.

La filtración mecánica permite la retención física de contaminantes en un medio filtrante que se inserta en la corriente de aire.

El medio filtrante debe ser capaz de retener la contaminación procedente del exterior y la contaminación generada en el interior por las actividades del personal.

Para lograr tener un ambiente de clasificación ISO 7 o IDA 1 la recomendación es instalar tres niveles de filtración.

*Tabla 3. Niveles de filtración.*

| NIVELES DE FILTRACIÓN |                 |
|-----------------------|-----------------|
| NIVEL                 | CLASE SE FILTRO |
| 1                     | F5              |
| 2                     | F9              |
| 3                     | H13             |

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Diferenciales de presión.**

La diferencia de presión entre el cuarto donde se encuentra el paciente y los recintos adyacentes es un mecanismo para controlar el intercambio de aire entre las áreas limpias y sucias. Esta se consigue mediante el control de los caudales de aire de impulsión y de extracción.

La sobrepresión correcta en el cuarto a proteger garantiza que el aire que pueda infiltrarse a través de cualquier orificio y luz de puerta, se desplace desde la zona protegida hacia afuera evitando el paso de aire potencialmente contaminado o de menor calidad de forma descontrolada.

- **Dirección de flujo de aire.**

El aire en su movimiento arrastra posibles partículas y otros elementos contaminantes, por ellos es importante determinar el sentido del movimiento del aire entre zonas potencialmente contaminadas al cuarto de aislamiento que debe ser protegido.

Este parámetro está relacionado con la diferencia de presión entre el cuarto aislado y las áreas adyacentes, por si sola la diferencia de presión no es suficiente para garantizar que el aire se moverá en la dirección que interesa.

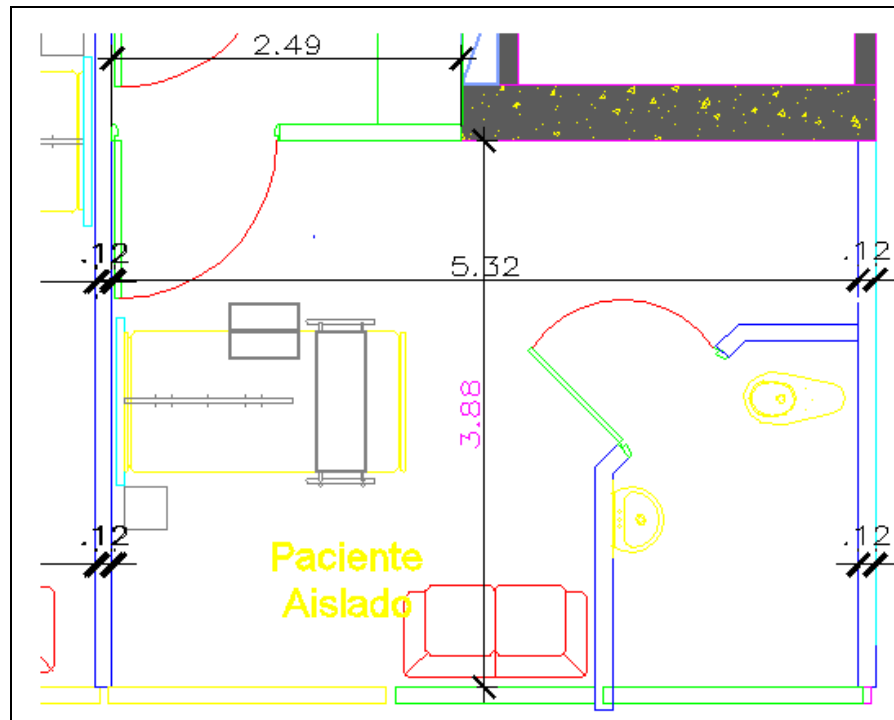
Los empujes y turbulencias del aire que se crean al abrir y cerrar las puertas o las diferencias de temperatura en el aire estratificado son suficientes para que haya intercambios de aire no controlado entre zonas sucias y limpias, incluso el aire arrastrado por las personas al entrar o salir generan contaminaciones entre las áreas del cuarto aislado para los paciente oncológicos inmunosuprimidos.

- **Dimensiones del cuarto aislado.**

En la resolución 4445 de 1996 de la república de Colombia, en su artículo 35 indica que cada habitación individual debe contar con 16 m<sup>2</sup> incluido el baño.

Esta área al estar construida se verifica en planos que las dimensiones correspondan y cumplan con los requerimientos de ley.

*Ilustración 3. Área construida del cuarto aislado.*



*Fuente:* Elaboración propia.

- Selección de equipos de medición necesarios para controlar variables.
  - Manómetros diferenciales de presión.
  - Termostatos.
  - Electroválvulas.
  - Anemómetros.
  - Contador de partículas.



- **Caudal de presurización en el cuarto.**

Mediante el cálculo de presurización en el cuarto se determina el caudal ingresado de manera mecánica para garantizar una correcta presión positiva en el cuarto.

Por medio del método sugerido en el ASHRAE Fundamentals 2001, capítulo 26 páginas 13 de ventilación e infiltración y tomando los datos de la tabla 1 de ese documento se obtiene los siguientes datos los cuales fueron seleccionados del Anexo 2.

A continuación se realizara el cálculo mediante una hoja de operación de Office Excel.

Dónde:

Las dimensiones del cuarto aislado son tomadas del plano arquitectónico ver ilustración 3.

Valores tomados del Anexo 2: valores de ventilación e infiltración.

Tabla 4. Caudal calculado para presurización de cuarto.

| DATOS DE HABITACION                                                                     |                             |           |      |                             |                            |                     |                              |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------|
| HABITACIÓN: CUARTO AISLADO PARA RECUPERACION DE PACIENTES ONCOLOGICOS INMUNOSUPRIMIDOS. |                             |           |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| ANCHO                                                                                   | METRO                       | 5,32      |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| LARGO                                                                                   | METRO                       | 3,88      |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| ALTURA                                                                                  | METRO.                      | 2,80      |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| SUPERFICIE DEL PISO                                                                     | m2                          | 20,6416   |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| VOLUMEN                                                                                 | m3                          | 57,80     |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| CÁLCULO PRESURIZACIÓN                                                                   |                             |           |      |                             |                            |                     |                              |                        |
| DESCRIPCION                                                                             | DIFERENCIAL DE PRESIÓN (Pa) | AREA (m2) | CANT | Area de fuga efectiva (ft2) | Area de fuga efectiva (m2) | A. áreas de fuga m2 | Caudal de aire PRESURIZACIÓN | FLUJO DE AIRE (m3 / s) |
|                                                                                         |                             |           |      |                             |                            |                     | FACTOR (m / s)               |                        |
| Techo (General)                                                                         | 15                          | 20        | 1    | 0,026                       | 0,0024                     | 0,0024              | 0,66                         | 1,59                   |
| Marco de puerta                                                                         | 15                          | 2,86      | 2    | 0,37                        | 0,0344                     | 0,0687              | 0,66                         | 45,17                  |
| Puerta Patio corredero de cristal exterior                                              | 15                          | 2,86      | 1    | 0,43                        | 0,0399                     | 0,0399              | 0,66                         | 26,25                  |
| Puerta de hoja simple                                                                   | 15                          | 2,86      | 1    | 3,6                         | 0,3345                     | 0,3345              | 0,66                         | 219,74                 |
| Tomas corriente con junta                                                               | 15                          | 0,0005    | 8    | 0,012                       | 0,0011                     | 0,0089              | 0,66                         | 5,86                   |
| Tuberías / Plomería / Conexiones de cableado                                            | 15                          | 1         | 1    | 0,31                        | 0,0288                     | 0,0288              | 0,66                         | 18,92                  |
| Respiraderos. Cuarto de baño con ventanas                                               | 15                          | 4,6       | 1    | 0,39                        | 0,0362                     | 0,0362              | 0,66                         | 23,80                  |
| Paredes exteriores (infiltracion continua)                                              | 15                          | 12,59     | 1    | 0,003                       | 0,0003                     | 0,0003              | 0,66                         | 0,18                   |
| Enmarcado de ventana (Madera rin cortar                                                 | 15                          | 5,52      | 1    | 0,003                       | 0,0003                     | 0,0003              | 0,66                         | 0,18                   |
| ventanas                                                                                | 15                          | 5,52      | 1    | 0,097                       | 0,0090                     | 0,0090              | 0,66                         | 5,92                   |
| TOTAL DE AIRE FRESCO SE REQUIERE para la presurización                                  |                             | (m3 / s)  |      | 347,61                      |                            |                     |                              |                        |
| Rejillas de extraccion en cuarto aislado                                                |                             | CFM       |      | 300,00                      |                            |                     |                              |                        |
| Rejillas de extraccion en baño                                                          |                             | CFM       |      | 200,00                      |                            |                     |                              |                        |
|                                                                                         |                             | CFM       |      | 1090,49                     |                            |                     |                              |                        |

Fuente: Elaboración propia.

- **Clasificación de área.**

Tabla 5. Límites de las Clases del Estándar ISO 14644-1.

| Número de la Clasificación ISO | Límites máximos de concentración de partículas " iguales a " y "mayores que" los tamaños mostrados abajo<br>(P partículas/ m <sup>3</sup> de aire) |          |          |            |           |          |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------|-----------|----------|
|                                | >= 0.1µm                                                                                                                                           | >= 0.2µm | >= 0.3µm | >= 0.5µm   | >= 1µm    | >= 5.0µm |
| ISO Clase 1                    | 10                                                                                                                                                 | 2        |          |            |           |          |
| ISO Clase 2                    | 100                                                                                                                                                | 24       | 10       | 4          |           |          |
| ISO Clase 3                    | 1.000                                                                                                                                              | 237      | 102      | 35         | 8         |          |
| ISO Clase 4                    | 10.000                                                                                                                                             | 2.370    | 1.020    | 352        | 83        |          |
| ISO Clase 5                    | 100.000                                                                                                                                            | 23.700   | 10.200   | 3.520      | 832       | 29       |
| ISO Clase 6                    | 1.000.000                                                                                                                                          | 237.000  | 102.000  | 35.200     | 8.320     | 293      |
| ISO Clase 7                    |                                                                                                                                                    |          |          | 352.000    | 832.00    | 2.930    |
| ISO Clase 8                    |                                                                                                                                                    |          |          | 3.520.000  | 832.000   | 29.300   |
| ISO Clase 9                    |                                                                                                                                                    |          |          | 35.200.000 | 8.320.000 | 293.000  |

Fuente: Elaboración propia.

Para términos prácticos escogemos una clasificación ISO 9, sin embargo parámetros inferiores obtenidos en las mediciones son aceptables mejores para garantizar un ambiente con mayor calidad de aire.

Los valores máximos de partículas se calculan mediante la fórmula.

$$C_n = 10^N \left( \frac{0.1}{D} \right)^{2.08}$$

Fuente: DTIE 1.06: Climatización en centros hospitalarios página 28.



Dónde:

$C_n$  = Máximo número de partículas permitidas por metro cubico igual o mayores del tamaño especificados, recomendadas al número mayor.

N = Es el número de la clase ISO que debe ser un múltiplo de 0.1 o igual o menor que 9.

D = Es el tamaño de partículas en micrómetros.

Para las partículas de 0.5  $\mu\text{m}$ .

$$C_n = 10^9 \left( \frac{0.1}{0.5} \right)^{2.08}$$

$$C_n = 35167573 \mu\text{m}.$$

Para las partículas de 1  $\mu\text{m}$ .

$$C_n = 10^9 \left( \frac{0.1}{1} \right)^{2.08}$$

$$C_n = 8317638 \mu\text{m}.$$

Para las partículas de 5  $\mu\text{m}$ .

$$C_n = 10^9 \left( \frac{0.1}{5} \right)^{2.08}$$

$$C_n = 292511 \mu\text{m}.$$

- **Direccionalidad de flujo de aire.**

La direccionalidad de flujo del aire se determina o resulta de la instalación de ventiladores y extractores para ejercer trabajo mecánico al aire y generar las corrientes correspondientes a la presión en cada recinto. Ver ilustración 5.

*Ilustración 5.* Convención de colores a las flechas de dirección de flujo.

| DIRECCIONALIDAD DE FLUJO                                                            |                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|  | PRESION POSITIVA.<br>SALIDA DE AIRE         |
|  | PRESION NEGATIVA<br>SALIDA DE AIRE EXTERIOR |
|  | RETORNO DE AIRE PRESION NEGATIVA            |

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Diferenciales de presión.**

Teniendo los cálculos del caudal necesario para presurizar el cuarto de hospitalización para pacientes oncológicos inmunosuprimidos, obtengo por calculo 1090.49 CFM necesarios para presurización el cuarto de manera positiva.

Se tiene que:

El equipo comercial que se seleccione debe generar con su ventilador como mínimo 1090,49 CFM asumiendo un factor de seguridad de 10% en este diseño tengo 1200 CFM. Para vencer la caída de presión generada por el extractor, que produce la presión negativa en el baño y ayuda al cuarto de hospitalización para generar los CAH.

Para garantizar la toma de aire exterior se extraen 500 CFM los cuales generan la presión negativa y obligan al sistema a tomar la misma cantidad de CFM de la toma exterior.

Tabla 6. Convenciones de diferenciales de presión.

| CONVENCION DE FLUJO DE AIRE                                       |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
| PASILLO ÁREA COMUN <i>flujo de aire dirigido a ESCLUSA</i>        | <i>Negativo</i> |
| ESCLUSA <i>flujo de aire dirigido a CUARTO DE HOSPITALIZACION</i> | <i>Negativa</i> |
| CUARTO DE HOSPITALIZACION <i>flujo de aire dirigido a ESCLUSA</i> | <i>Positivo</i> |
| CUARTO DE HOSPITALIZACION <i>flujo de aire dirigido a BAÑO</i>    | <i>positivo</i> |
| BAÑO <i>flujo de aire dirigido a CUARTO DE HOSPITALIZACION</i>    | <i>negativa</i> |

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 6 se dibuja el comportamiento del aire en el cuarto aislado para paciente oncológico inmunosuprimidos mediante las flechas que indicaran la dirección del flujo del aire.

[illegible]

*Fuentes:* elaboración propia.

Ver anexo 5. Plano de direccionalidad de flujo de aire.

- **Tiempo de recuperación.**

Para realizar esta prueba se debe tener el área construida y funcionando para lograr la toma de datos.

Se hace mención para determinar la eficacia y correcto funcionamiento del sistema instalado.

Procedimiento para realizar la prueba.

Asegúrese que los equipos de ventilación y climatización funcionen normalmente en condiciones de flujo de aire.

- Programe el contador de partículas para medir partículas mayores a 0.5 micras y menores de 5.0 micras. Conteos de dos (2) minutos para clasificación 10000 (ISO 9), para las demás se realizan conteos de 1 minuto.
- Ubique el contador de partículas en los lugares determinados e inicie las mediciones.
- Asegúrese que las condiciones de medición permanezcan durante las pruebas (evitar presencia de personal y elementos que perturben los resultados de las pruebas).
- Ubique el contador de partículas a una altura de 100 cm del nivel del piso. Los datos obtenidos son una serie de datos primarios que son descargados del software del contador de partículas y me indican las lecturas tomadas.

5 minutos máximo, criterio tomado por los médicos. Sin embargo, este valor no es relevante debido que el paciente por seguridad debe tener puesto un tapabocas N95<sup>19</sup>.

Ver anexo 3: Ejemplo de reporte de contador de partículas.

---

<sup>19</sup> Clasificación para los tapabocas de alta eficiencia.

Se puede apreciar las lecturas de tomadas en cada tiempo, la fecha del reporte, y la cantidad de partículas monitoreada.

- **Cambio de aire por horas.**

El cálculo de cambios de aire por horas está dado por la siguiente ecuación.

$$CAH = \frac{cfm \text{ (suministro)}}{\text{Volumen del area}}$$

Cambio de aire por hora teórico.

$$CAH = \frac{1090.49 \text{ cfm} \times \frac{60 \text{ m}}{1 \text{ h}}}{20\text{m}^2 \times 2.8\text{m} \left(\frac{3.28}{1\text{m}}\right)^3} = 33.11$$

Dónde:

1090.49 CFM corresponden a los CFM que garantizan una presurización en el cuarto dato tomado de la tabla 4.

Dónde:

20 m<sup>2</sup> área del cuarto de hospitalización.

2.8 m altura del cuarto.

$$33.11 > 25 \text{ CAH}$$

Cumplo resolución 4445 de 1996 del ministerio de salud de Colombia en el artículo 34 en el segundo párrafo.

Al considerar este ambiente como limpio, con calidad de aire interior IDA 1.

Nota: Si se tomaran valores menores en los CMF suministrados al cuarto por el equipo, el número de cambios por hora (CAH) disminuiría, pero se vería afectada la presurización del cuarto.

- **Carga térmica.**

Para realizar el cálculo de carga térmica se utilizó el software Cype CAD.

A continuación se ilustrara la forma como se diligencia un cálculo de carga térmica en el software de Cype CAD paso a paso.

Ilustración 7. Datos del proyecto.

**Datos del proyecto**

Fecha de presentación: 30/05/2017

**Edificio**

Nombre: CLINICA MEDICAL DUARTE

Situación: DISEÑO Y CALCULO DE CARGAS TERMICAS, VENTILACION Y CLIMATIZACION PARA CUARTO AISLADO DE HOSPITALIZACION DE PACIENTE ONCOLOGICO INMUNOSUPRIMIDO Plano

**Promotor**

Nombre: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Dirección: CARRERA 27 CALLE 9 Población: BUCARAMANGA

Provincia: SANTANDER Código postal: CIF/NIF: 890201213-4

Teléfono: (57) (7) 6344000 Fax:

**Proyectista**

Nombre: CESAR JAVIER CLAR LOPEZ Imagen escaneada de la firma

Titulación: ING ELECTROMECANICO

Nº colegiado: NS 250-88528 Colegio: UFPS CUCUTA CIF/NIF: 1091655239

Dirección: MAZ F3 CASA 11 TORCOROMA 3 Código postal:

Población: CUCUTA Provincia: NORTE DE SANTA

Teléfono: 3176413336 Fax: E-mail: cesarjclaro@hotmail.com

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.



Ilustración 8. Emplazamiento o datos climáticos del sitio.

**Datos generales (Climatización)**

**Condiciones climáticas**

☐ Predefinidas ☒ De usuario

**Emplazamiento**

CUCUTA

Altitud 309.0 m

Latitud (N) 7.89 grados

Longitud (E) -72.50 grados

Temperatura seca verano 34.00 °C

Temperatura húmeda verano 29.00 °C

Oscilación media diaria 11.50 °C

Oscilación media anual 29.00 °C

Temperatura seca en invierno 22.00 °C

Humedad relativa en invierno 80.0 %

Temperatura mínima histórica 18.00 °C

Temperatura mínima del terreno 14.00 °C

Temperatura no perturbada del terreno 18.30 °C

Temperatura del agua fría de red

☒ Constante ☐ Por meses 15.00 °C

Velocidad del viento 4.00 m/s

Temperatura exterior, valores mensuales

Irradiación solar global diaria media mensual sobre superficie horizontal

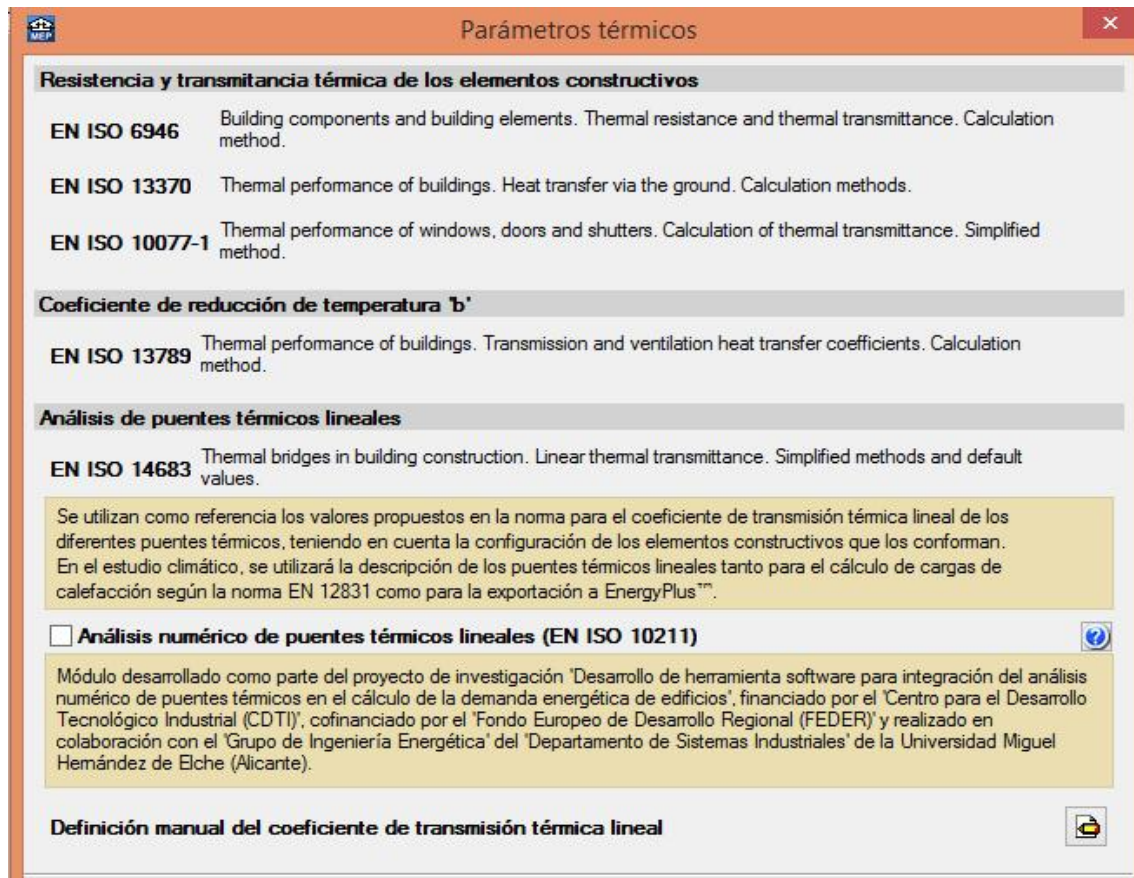
Datos del emplazamiento

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Datos tomados de: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/cucuta/temperatura.htm>

Ilustración 9. Parámetros Térmicos.



Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 10. Tipo de edificación (selecciona hospital).



Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 11. Tipo de recinto (selecciona cuarto de hospitalización).

Descripción

☒ Recintos de uso hospitalario
 ☐ Resto de recintos
 ☐ Exteriores

Vestíbulo de entrada

Sala de espera

Zona de circulación

Aseo de planta

Enfermería

Sala de consulta médica

Sala de tratamiento médico

Quirófano

Habitación de hospital

Baño / Aseo

Cafetería

Comedor

Despacho

Zona administrativa

Sala de descanso

Laboratorio

Opciones adicionales para la caracterización del recinto

Condiciones interiores para los estudios térmico y climático

☐ Valores predefinidos
 ☒ De biblioteca
 

cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

☐ Carga de refrigeración
 ☐ Carga de calefacción

Fuente: Reporte de software Cype Cad.



Ilustración 12. Propiedades de los vidrios marca Vitelsa.

**Tipos de acristalamiento**

Referencia: puerta y ventana de vidrio

Descripción:

**Características generales**

Factor solar: 0.80

Coeficiente de transmisión (U): 7.95 Btu/(h·m²·K)

**Número de hojas**

☒ Cristal sencillo

☐ Cristal doble

**Aislamiento acústico**

Rw: 27 dB C: -1 dB Ctr: -1 dB

☐ Forzar valores acústicos para el hueco acristalado

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Datos tomados de las fichas técnicas de los vidrios marca Vitelsa (proveedor de vidrios nacional).

Ilustración 13. Propiedades de los muros de fachada.

**Cerramiento**

☒ Fachadas ☐ Medianerías

☒ Tipo 1: muros fachada

☐ Tipo 2: muros internos de panel yeso

**Revestimiento interior**

☐ Revestimiento base ☐ Capa de acabado

Exterior Interior

| Fachada ligera                                    |                   |
|---------------------------------------------------|-------------------|
| 1 - Placa de fibrocemento con fibras celulósicas: | 1 cm              |
| 2 - Lá de vidrio (MV):                            | 10 cm             |
| 3 - Placa de fibrocemento con fibras celulósicas: | 0.8 cm            |
| Espesor total: 11.8 cm                            |                   |
| Caracterización térmica                           |                   |
| U:                                                | 1.25 Btu/(h·m²·K) |
| Caracterización acústica                          |                   |
| Masa superficial:                                 | 28.40 kg/m²       |

**Cálculo de cargas (verano)**

Color: ☒ Claro ☐ Intermedio ☐ Oscuro

☐ Porcentaje en sombra

☐ Coef. reflexión alrededores

☐ Elementos de sombra en ventanas

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 14. Condiciones de confort interior del cuarto.

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

Temperatura de verano: 24.0 °C

Humedad relativa de verano: 50.0 %

Temperatura de invierno: 21.0 °C

Humedad relativa de invierno: 60.0 %

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 15. Grado de ocupación del recinto.

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

Número de personas

☐ Por superficie ☒ Total 4 personas

Tipo de actividad: Sentado o de pie

☒ Porcentaje de mujeres 50 % ☐ Porcentaje de niños

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 16. Tipo de iluminación del recinto.

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

Potencia

☒ Por luminaria ☐ Por superficie ☐ Total 2 x 20 W

Tipo

☐ Incandescente ☐ Fluorescente con reactancia ☒ Fluorescente sin reactancia

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.



Ilustración 17. Requerimientos de ventilación.

The screenshot shows the 'Editar - [Tipo de recinto]' dialog box. The 'Referencia' field contains 'cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido'. The 'Parámetros de cálculo para el estudio térmico' section has 'Habitable' selected. The 'Parámetros de cálculo para el estudio climático' section has 'Climatizado' selected. The 'Condiciones' section has 'Ocupación', 'Iluminación', 'Ventilación', and 'Otras cargas' checked. The 'Ventilación' section shows 'Categoría de la calidad de aire interior' set to 'IDA 1' with values: 'Por persona' (28.8 m³/h), 'Por unidad de superficie' (18.0 m³/(h·m²)), and 'Por recinto' (36.0 m³/h). The 'Recuperación de calor' checkbox is unchecked. The 'Categoría del aire de extracción' is set to 'ETA 1 (Bajo nivel de contaminación)'. The 'Comprobar la renovación de aire' checkbox is checked, and the 'Retorno de aire' checkbox is unchecked. The 'Tablas de actividad para cálculo de cargas' and 'Tablas de actividad para cálculo de la demanda' checkboxes are checked. The 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons are at the bottom.

Referencia: cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

☒ Categoría de la calidad de aire interior

|                                                              | IDA 1 |           |
|--------------------------------------------------------------|-------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Por persona              | 28.8  | m³/h      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Por unidad de superficie | 18.0  | m³/(h·m²) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Por recinto              | 36.0  | m³/h      |

☐ Recuperación de calor

☒ Categoría del aire de extracción: ETA 1 (Bajo nivel de contaminación)

☒ Comprobar la renovación de aire

☐ Retorno de aire: Pulse para cambiar la categoría de calidad

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Ilustración 18. Cargas adicionales.

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: cuarto de aislamiento de paciente inmunosuprimido

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

☐ Potencia por superficie ☒ **Potencia total**

☒ Potencia sensible ☐ Potencia latente

1500 Btu/h

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

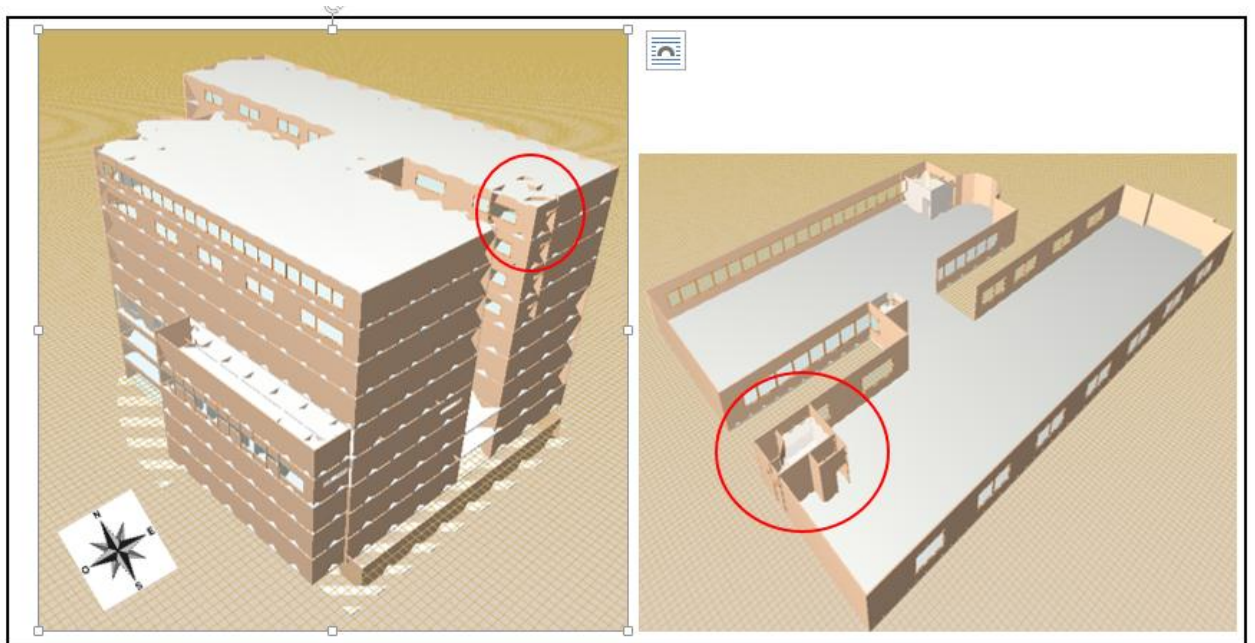
Aceptar Cancelar

Fuente: Reporte de software Cype Cad.

Las cargas adicionales corresponde a:

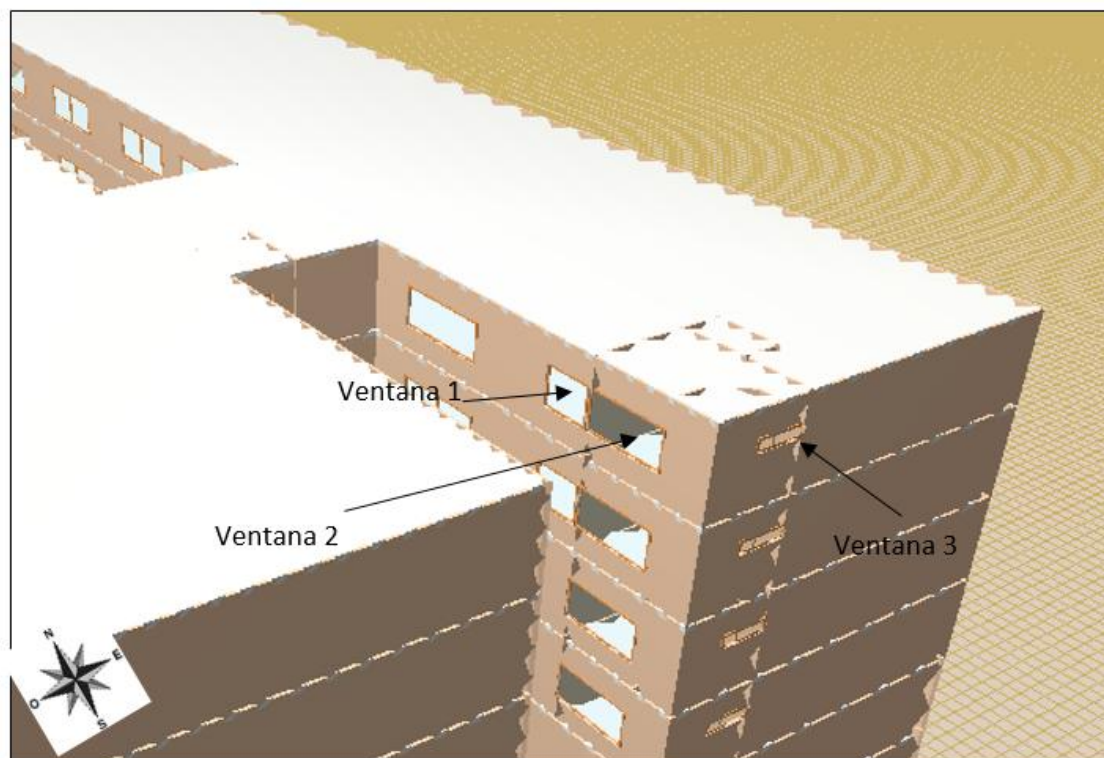
- Televisor 500 BTU/h.
- Bomba de infusión 400 BTU/h.
- Computador 600 BTU/h.

*Ilustración 19. Ubicación del recinto en edificio.*



*Fuente:* Imagen 3D de software Cype Cad.

*Ilustración 20. Cantidad y ubicación de ventanas.*



*Fuente:* Imagen 3D de software Cype Cad.

Resumen de resultados de carga térmica realizado por el software Cype Cad.

Tabla 7. Resumen de carga térmica (Reporte generado por el software Cype cad).

| CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)                                            |  |                              |                     |
|---------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|---------------------|
| Recinto                                                                   |  | Conjunto de recintos         |                     |
| cuarto aislado 1023 (cuarto de aislamiento de pacientes inmunosuprimidos) |  | calculo térmico              |                     |
| Condiciones de proyecto                                                   |  |                              |                     |
| Internas                                                                  |  | Externas                     |                     |
| Temperatura interior = 24.0 °C                                            |  | Temperatura exterior = 34 °C |                     |
| Humedad relativa interior = 50 %                                          |  | Temperatura húmeda = 28.0 °C |                     |
| Cargas de refrigeración a las (16 hora solar) del día 22 de Agosto        |  | C. latente (BTU/h)           | C. sensible (BTU/h) |
| Cerramientos exteriores                                                   |  |                              |                     |

| <b>Tipo</b>                | <b>Orientación</b> | <b>Superficie (m²)</b>       | <b>U (BTU/(h·m²·K))</b> | <b>Peso (kg/m²)</b>          | <b>Color</b>                 | <b>Teq. (°C)</b> |  |         |
|----------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|--|---------|
| Fachada                    | NO                 | 13.7                         | 8.26                    | 26                           | Claro                        | 34.3             |  | 1389.59 |
| Fachada                    | NE                 | 14.9                         | 8.26                    | 26                           | Claro                        | 33.6             |  | 1433.14 |
| Fachada                    | SO                 | 6.6                          | 1.25                    | 28                           | Claro                        | 39.8             |  | 146.02  |
| Fachada                    | SE                 | 3.8                          | 1.25                    | 28                           | Claro                        | 33.6             |  | 54.88   |
| Fachada                    | SE                 | 5.6                          | 8.26                    | 26                           | Claro                        | 33.7             |  | 543.03  |
| Fachada                    | S                  | 2.5                          | 8.26                    | 26                           | Claro                        | 34.4             |  | 258.17  |
| Fachada                    | SO                 | 3.0                          | 8.26                    | 26                           | Claro                        | 34.4             |  | 305.26  |
| <b>Ventanas exteriores</b> |                    |                              |                         |                              |                              |                  |  |         |
| <b>Núm. ventanas</b>       | <b>Orientación</b> | <b>Superficie total (m²)</b> | <b>U (BTU/(h·m²·K))</b> | <b>Coef. radiación solar</b> | <b>Ganancia (BTU/(h·m²))</b> |                  |  |         |
| 1                          | NE                 | 1.2                          | 10.86                   | 0.61                         | 172.6                        |                  |  | 211.71  |
| 1                          | SO                 | 5.6                          | 9.48                    | 0.73                         | 910.5                        |                  |  | 5091.81 |
| 1                          | SE                 | 0.6                          | 12.23                   | 0.49                         | 194.1                        |                  |  | 122.14  |
| <b>Puertas exteriores</b>  |                    |                              |                         |                              |                              |                  |  |         |
| <b>Núm. Puertas</b>        | <b>Tipo</b>        | <b>Orientación</b>           | <b>Superficie (m²)</b>  | <b>U (BTU/(h·m²·K))</b>      | <b>Teq. (°C)</b>             |                  |  |         |
| 1                          | Opaca              | S                            | 2.6                     | 6.82                         | 34.3                         |                  |  | 221.88  |

| <b>Cerramientos interiores</b>                |                            |                              |                              |                      |                       |                 |
|-----------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Tipo</b>                                   | <b>Superficie<br/>(m²)</b> | <b>U<br/>(BTU/(h·m²·K))</b>  | <b>Peso<br/>(kg/m²)</b>      | <b>Teq.<br/>(°C)</b> |                       |                 |
| Forjado                                       | 16.5                       | 6.88                         | 524                          | 25.3                 |                       | 372.33          |
| Forjado                                       | 16.5                       | 5.37                         | 524                          | 25.2                 |                       | 287.78          |
| <b>Total estructural</b>                      |                            |                              |                              |                      |                       | <b>10437.75</b> |
| <b>Ocupantes</b>                              |                            |                              |                              |                      |                       |                 |
| <b>Actividad</b>                              | <b>Nº<br/>personas</b>     | <b>C.lat/per<br/>(BTU/h)</b> | <b>C.sen/per<br/>(BTU/h)</b> |                      |                       |                 |
| Sentado o de pie                              | 4                          | 202.23                       | 235.09                       |                      | 808.90                | 940.35          |
| <b>Iluminación</b>                            |                            |                              |                              |                      |                       |                 |
| <b>Tipo</b>                                   | <b>Potencia<br/>(W)</b>    | <b>Coef.<br/>iluminación</b> |                              |                      |                       |                 |
| Fluorescente sin reactancia (LED)             | 40.00                      | 0.85                         |                              |                      |                       | 116.01          |
| <b>Instalaciones y otras cargas</b>           |                            |                              |                              |                      |                       | 8273.35         |
| <b>Cargas interiores</b>                      |                            |                              |                              |                      | <b>808.90</b>         | <b>9329.71</b>  |
| <b>Cargas interiores totales</b>              |                            |                              |                              |                      |                       | <b>10138.61</b> |
| <b>Cargas debidas a la propia instalación</b> |                            |                              |                              |                      | 5.0 %                 | 988.37          |
| <b>Mayoración de cargas</b>                   |                            |                              |                              |                      | 5.0 %                 | 40.45           |
| <b>FACTOR DE CALOR SENSIBLE = 0.75</b>        |                            |                              |                              |                      | <b>CARGAS TOTALES</b> | <b>849.35</b>   |
| <b>Potencia térmica interna total</b>         |                            |                              |                              |                      |                       | <b>22593.55</b> |

|                                               |                 |                 |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Ventilación</b>                            |                 |                 |
| <b>Caudal de ventilación total<br/>(m³/h)</b> |                 |                 |
| 455.9                                         | 17501.38        | 5621.42         |
| <b>Mayoración de cargas</b> 5.0 %             | 875.07          | 281.07          |
| <b>Cargas de ventilación</b>                  | <b>18376.45</b> | <b>5902.49</b>  |
| <b>Potencia térmica de ventilación total</b>  |                 | <b>24278.93</b> |
| <b>Potencia térmica</b>                       | <b>19225.79</b> | <b>27646.69</b> |

**POTENCIA TÉRMICA TOTAL: 46872.5 BTU/h = 13.73 kW**

- **Psicrometría.**

Datos tomados del reporte de cargas térmicas Tabla 7.

- **Punto 1.** En la carta psicométrica. ilustración 21.

Temperatura Exterior.

$$T_{\text{ext}} = 34 \text{ bs} = T_2$$

Humedad relativa exterior.

$$HR = 85 \%$$

- **Punto 2.** En la carta psicométrica. ilustración 21.

Temperatura interior.

$$T_{\text{int}} = 24 \text{ bs} = T_1$$

Humedad relativa interior.



$$HR = 50 \%$$

- Calor Sensible calculado (CSC).

$$21743.8 \text{ BTU/h} = 6.37 \text{ kW}$$

- Calor latente calculado (CLC).

$$849.34 \text{ BTU/h} = 0.25 \text{ kW}$$

- Caudal de ventilación.

$$455.9 \text{ m}^3/\text{h} = 7.59 \text{ m}^3/\text{min}$$

- Caudal proporcionado por el ventilador.

$$1090.49 \text{ CFM} = 30.86 \text{ m}^3/\text{min}$$

Calculo de carga total de aire exterior (CTAE).

$$CTAE = CSAE + CLAE$$

Dónde:

CSAE = Calor sensible de aire exterior.

CLAE = Calor latente de aire exterior.

$$CSAE = w * C_e * (T_1 - T_2).$$

Como no se conoce el peso, sólo se conoce el flujo en m<sup>3</sup>/min, hay que convertirlos a kg/min. Para esto, dividimos los 7.79 m<sup>3</sup>/min por el volumen específico del aire exterior tomado de la carta psicométrica ilustración 21, dato registrado en la tabla 9 ítem 1, columna 2.

Dónde:

- Volumen específico.

$$V_{\text{esp}} = 0.911 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Calor específico del aire.  $C_e = 0.244$

$$CSEA = \left( \frac{7.59 \text{ m}^3/\text{min}}{0.911 \text{ m}^3/\text{kg}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) * (0.244 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg}) * (34 - 24)^\circ\text{C}$$

$$CSAE = 1219.7 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg} = 1.4 \text{ kW}$$

Calor latente de aire exterior.

$$CLAE = 41.05 * \left( \text{m}^3/\text{min} \right)_{ae} * (H1 - H2) \text{ Kg/Kg}$$

De la carta psicométrica tengo humedad absoluta en las condiciones del aire en el interior y exterior:

- Humedad absoluta interior.

$$H_1 = 0.0302 \text{ Kg/Kg}$$

- Humedad absoluta exterior.

$$H_2 = 0.0097 \text{ Kg/Kg}$$

Datos tomados de la tabla 9. Reporte de psicrometría de los puntos 1 y 2.

$$CLAE = 41.05 * \left( 7.59 \text{ m}^3/\text{min} \right)_{ae} * (30.2 - 9.7)^\circ\text{C/Kg}$$

$$CLAE = 6387 \text{ KCal}/h = 7.2 \text{ kW}$$

Entonces.

$$CTAE = 1.4 \text{ kW} + 7.2 \text{ kW} = 8.6 \text{ kW}$$

Ahora.

- Calor sensible total (CST).
- Calor latente total (CLT).

$$CST = (6.37 \text{ kW} + 1.4 \text{ kW}) = 7.77 \text{ kW}.$$

$$CLT = (0.25 \text{ kW} + 7.2 \text{ kW}) = 7.45 \text{ kW}.$$

- Calor total (CT) = CST + CLT  

$$CT = (7.77 \text{ kW} + 7.45 \text{ kW}) = 15.22 \text{ kW}$$
- Factor de calor sensible efectivo (FCSE).

$$FCSE = \frac{CSCE}{CSCE + CLCE}$$

El CSCE y el CLCE se calculan con las fórmulas:

$$CSCE = CSC + (FD) (CSAE)$$

$$CLCE = CLC + (FD) (CLAE)$$

Dónde:

CSCE= Calor sensible efectivo del cuarto.

CLCE= Calor latente efectivo del cuarto.

El Valor de  $FD^{20}$  (factor de bypass) se toma de la tabla 8. Ítem 5.

Dónde:

- Factor de bypass del serpentín.

$$FD = 0.1$$

Entonces.

$$CSCE = 6.37 \text{ kW} + (0.1) (1.4 \text{ kW}) = 6.51 \text{ kW}$$

$$CLCE = 0.25 \text{ kW} + (0.1) (7.2 \text{ kW}) = 0.18 \text{ kW}$$

$$FCSE = \frac{6.51 \text{ kW}}{(0.18 + 6.51) \text{ kW}} = 0.97$$

- Temperatura de punto de rocío.

La temperatura de punto de rocío. Se determina de las condiciones dentro del espacio y el FCSE (factor de calor sensible exterior). En la escala que está a la extrema derecha de la carta psicométrica, localizamos el FCSE de 0.97, y unimos este punto con el punto 2 (condiciones internas). Continuamos esta línea hasta donde intersecta con la curva de saturación, y esa es la temperatura de punto de rocío del aparato. Ver ilustración 21

$$T_{\text{pra}} = 12.4 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

---

<sup>20</sup> Factor de desvío del serpentín.

- Flujo de aire deshumidificado.

Ecuación dada para calcular con kcal/h.

Dónde:

$$CSAE = 1219.7 \text{ Kcal/h}$$

$$m^3/min = \frac{CSAE}{16.75 (T_2 - T_{pra}) * (1 - FD)}$$

$$m^3/min = \frac{1219.7 \text{ kcal/h}}{16.75 (24 - 12.4)^\circ C * (1 - 01)} = 6.97$$

Comparando los datos del flujo de aire deshumidificado tengo:

Tabla 8. Datos comparativos de flujo de aire

| Flujo de aire deshumidificado.      |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Por psicrometría                    | 6.97 m <sup>3</sup> /min |
| Carga térmica (reporte de software) | 7.59 m <sup>3</sup> /min |

Como podemos observar la diferencia entre en calculo por psicrometría y el reporte de cargas térmicas dado por el software es 0.62 m<sup>3</sup>/min = 21.9 CFM.

Para los siguientes cálculos se continúa trabajando con el valor mayor de flujo de aire de ventilación generado por el software.

- Temperatura de bulbo seco entrada al equipo. ( $T_{ea}$ ).

$$T_{ae} = \frac{(m^3/min * T1)_{ext} + (m^3/min * T2)_{Ret}}{(m^3/min)_{abas}}$$

$$T_{ae} = \frac{(7.59 m^3/min * 34^\circ C) + (23.27 m^3/min * 24^\circ C)}{(30.86 m^3/min)} = 26.45^\circ C$$

- Temperatura de bulbo húmedo entrada al equipo.

Esta temperatura se traza en la carta psicométrica, subiendo verticalmente hasta que intersecta la línea 1-2, como se muestra en la ilustración 21, tabla 9, a este punto le llamamos 3. De aquí trazamos una línea paralela a las líneas de temperatura de bulbo húmedo, y leemos esta temperatura que corresponde a la temperatura de bh, que entra al aparato.

Dónde:

Temperatura de bulbo húmedo del aire a entrada del equipo.

$$T_{bh_{ae}} = 21.6^\circ C.$$

- Temperatura de bulbo seco a la salida del serpentín.

La temperatura de bulbo seco del aire de salida del aparato ( $T_{as}$ ), se calcula con la ecuación:

Temperatura de bulbo seco salida del serpentín.

$$T_{as} = T_{pra} + FD (T_{ae} - T_{pra}) = 12.4 + 0.1 (26.45 - 12.4) = 13.8^\circ C.$$

- Temperatura de bulbo húmedo a la salida del serpentín.

La temperatura de bh del aire que sale del aparato, se determina trazando una línea recta entre la temperatura de punto de rocío del aparato, y la condición de entrada al aparato (punto 3) de la ilustración 21, ésta es la línea GFCS<sup>21</sup>. Donde la Tas intersecta esa línea, se lee la temperatura de bh a la salida del aparato (punto 4) ilustración 21.

Dónde:

$$T_{bh} = 15.2^{\circ} \text{ C.}$$

*Tabla 9.* Factor de desvío (FD) típicos para diferentes aplicaciones.

| FACTOR DE DESVIO DEL SERPENTIN | TIPO DE APLICACION                                                                                                                       | EJEMPLO                                           |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0.03 a 0.50                    | Una carga total pequeña o una carga que es algo más grande con un factor de calor sensible bajo (alta carga latente).                    | Residencial.                                      |
| 0.20 a 0.30                    | Típica aplicación de confort con una carga total relativamente pequeña o un bajo factor de calor sensible con una carga algo más grande. | Residencial, tiendas pequeñas y fábricas.         |
| 0.10 a 0.20                    | Típica aplicación de confort.                                                                                                            | Tiendas departamentales, bancos y fábricas.       |
| 0.05 a 0.10                    | Aplicaciones con altas cargas internas sensibles o que requieren una gran cantidad de aire exterior para ventilación.                    | Tiendas departamentales, restaurantes y fábricas. |
| 0.00 a 0.10                    | Todas las aplicaciones de aire exterior.                                                                                                 | Sala de operaciones de un hospital y fábricas.    |

*Fuente:* Manual técnico de refrigeración y aire acondicionado ,2013; Emerson Climate Technologies.

---

<sup>21</sup> Gran factor de calor sensible.

Ilustración 21. Carta psicométrica para una altura 309 msnm.

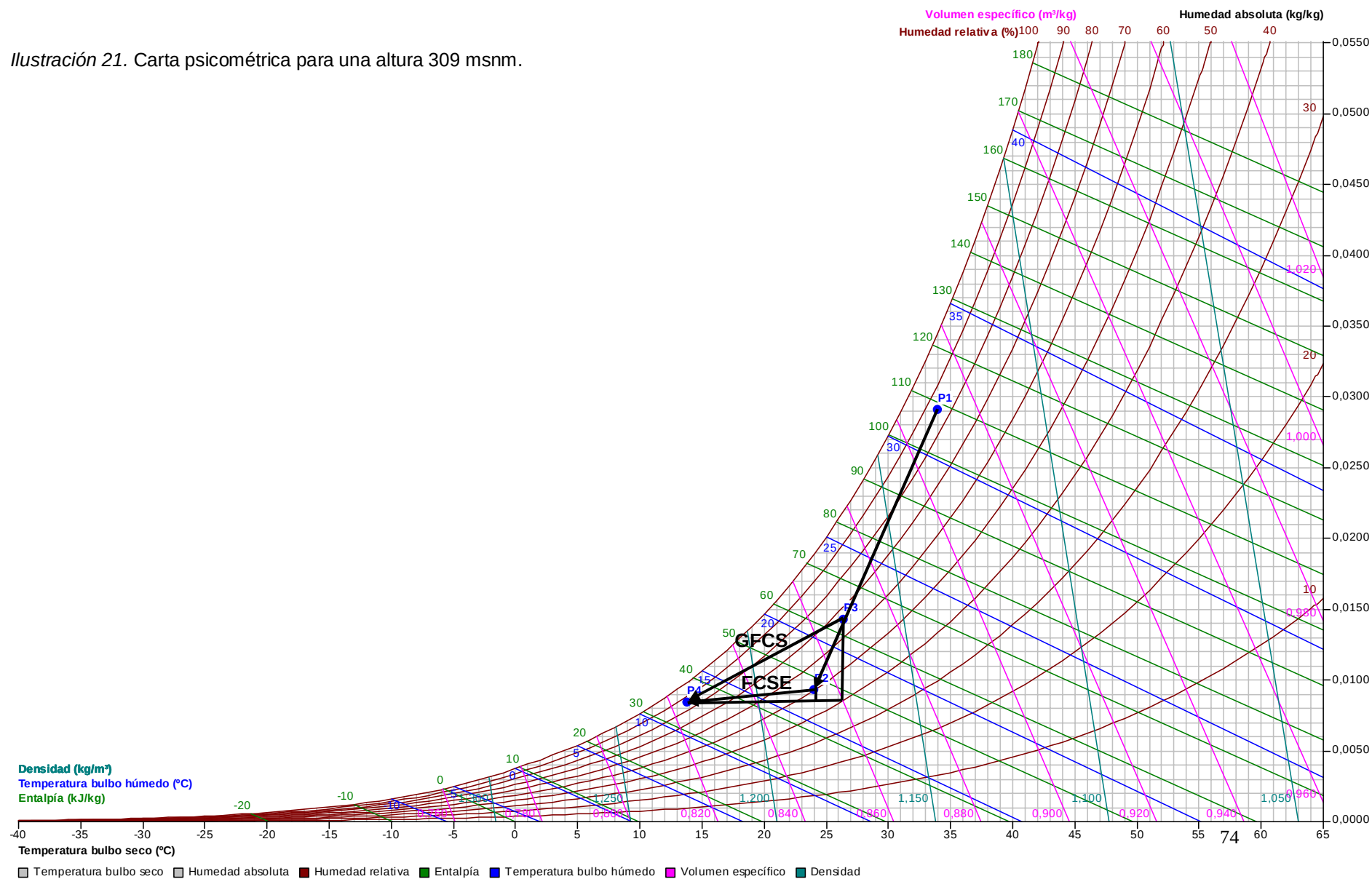


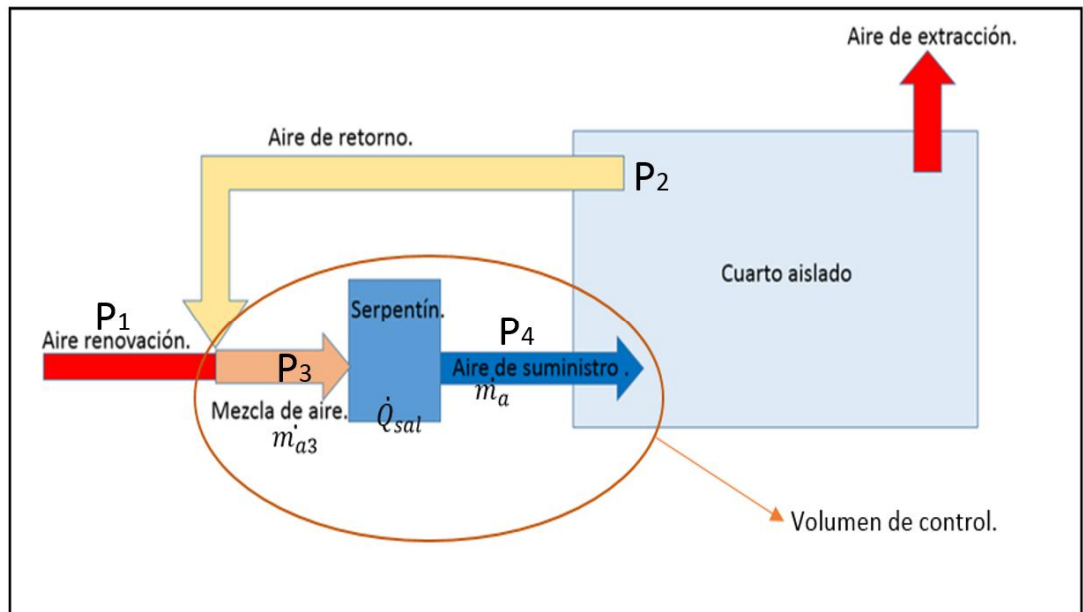


Tabla 10. Valores del aire en cada punto en tabla psicométrica

| P1= AIRE EXTERIOR        |             | P2 = AIRE INTERIOR       |             | P3 = AIRE MEZCLADO       |             | P4 = AIRE A LA SALIDA DEL EQUIPO |             |
|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Temperatura bulbo seco   | 34,0°C      | Temperatura bulbo seco   | 24,0°C      | Temperatura bulbo seco   | 26,4°C      | Temperatura bulbo seco           | 13,8°C      |
| Temperatura bulbo húmedo | 31,7°C      | Temperatura bulbo húmedo | 17,0°C      | Temperatura bulbo húmedo | 21,6°C      | Temperatura bulbo húmedo         | 12,4°C      |
| Punto de rocío           | 31,1°C      | Punto de rocío           | 13,0°C      | Punto de rocío           | 19,6°C      | Punto de rocío                   | 11,4°C      |
| Humedad relativa         | 85,0%       | Humedad relativa         | 50,0%       | Humedad relativa         | 66,0%       | Humedad relativa                 | 85,4%       |
| Humedad absoluta         | 0,0302kg/kg | Humedad absoluta         | 0,0097kg/kg | Humedad absoluta         | 0,0143kg/kg | Humedad absoluta                 | 0,0084kg/kg |
| Entalpía                 | 111,7kJ/kg  | Entalpía                 | 48,7kJ/kg   | Entalpía                 | 65,9kJ/kg   | Entalpía                         | 38,6kJ/kg   |
| Densidad                 | 1,088kg/m³  | Densidad                 | 1,138kg/m³  | Densidad                 | 1,168kg/m³  | Densidad                         | 1,224kg/m³  |
| Volumen específico       | 0,947m³/kg  | Volumen específico       | 0,887m³/kg  | Volumen específico       | 0,868m³/kg  | Volumen específico               | 0,824m³/kg  |
| Presión                  | 97667,6Pa   | Presión                  | 97667,6Pa   | Presión                  | 97666,6 Pa  | Presión                          | 97667,6Pa   |

- Balance de masa y energía.

Ilustración 22. Diagrama de balance de masa y energía.



Fuente: Elaboración propia.

En un proceso de enfriamiento y deshumidificación donde se cambia la condiciones del aire como la temperatura y se retira el un porcentaje de vapor de agua contenido en el aire.

Para este diseño es un proceso de flujo en estado estacionario. Porque, la cantidad de masa contenida dentro del proceso (Volumen de control) no cambia en el tiempo.

- Para efectos de este proceso los cambios de energía cinética y potencial son despreciables.

- De la tabla 9. (Valores del aire en cada punto en tabla psicométrica). Tengo el aire del ambiente exterior que se encuentra a una presión atmosférica de 97667.6 Pa.

- Los datos de aire a la entrada y la salida del serpentín son:

La entalpía del agua líquida saturada, asumiendo que el agua de condensación generada sale del serpentín a la misma temperatura de bulbo seco que el aire a 13.8°C es de 57.94 kJ/kg (Termodinámica séptima edición yunus A. Cengel tabla A-4, página 914).

- Se determinar las propiedades del aire mezclado a la entrada del serpentín y la salida del mismo en ambos estados a partir de la carta psicométrica como se indican en la tabla 9 (valores del aire en cada punto).  
Correspondientes a:

$P_3$ = Valores de datos del aire mezclado antes de entrar al serpentín.

$P_4$ = Valores de datos del aire a la salida del serpentín.

Tabla 11. Valores del aire del proceso en punto 3 y 4.

| <b>P3 = Aire mezclado</b> |             | <b>P4 = Aire a la salida del equipo</b> |             |
|---------------------------|-------------|-----------------------------------------|-------------|
| Temperatura bulbo seco    | 26,4°C      | Temperatura bulbo seco                  | 13,8°C      |
| Temperatura bulbo húmedo  | 21,6°C      | Temperatura bulbo húmedo                | 12,4°C      |
| Punto de rocío            | 19,6°C      | Punto de rocío                          | 11,4°C      |
| Humedad relativa          | 66,0%       | Humedad relativa                        | 85,4%       |
| Humedad absoluta          | 0,0143kg/kg | Humedad absoluta                        | 0,0084kg/kg |
| Entalpía                  | 65,9kJ/kg   | Entalpía                                | 38,6kJ/kg   |

|                    |                         |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| Densidad           | 1,168kg/m <sup>3</sup>  | Densidad           | 1,224kg/m <sup>3</sup>  |
| Volumen específico | 0,868m <sup>3</sup> /kg | Volumen específico | 0,824m <sup>3</sup> /kg |
| Presión            | 97667,6Pa               | Presión            | 97667,6Pa               |

Entonces.

Se considera que la sección del serpentín, la caja de mezclas y salida del equipo como el sistema (volumen de control). Ver Ilustración 23. (Diagrama de balance de masa y energía).

En este proceso se observa que la cantidad de vapor de agua en el aire disminuye durante el proceso ( $W_3 > W_4$ ) debido a la deshumidificación.

Aplicando Los balances de masa y energía en la sección de enfriamiento y deshumidificación

Se obtiene:

- Balance de la masa del aire seco:

$$\dot{m}_{a3} = \dot{m}_{a4} = \dot{m}_a$$

Dónde:

$\dot{m}_a$  = caudal masico del aire.

$\dot{m}_{a3}$  = Caudal masico del aire en punto 3 (Aire mezclado).

$\dot{m}_{a4}$  = Caudal masico del aire en punto 4 (salida del equipo).

- Balance de la masa del agua:

$$\dot{m}_{a3} w_3 = \dot{m}_{a4} w_4 + \dot{m}_w$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (w_3 - w_4)$$

- Balance de la energía:

$$\sum_{ent} \dot{m}h = \dot{Q}_{sal} + \sum_{sal} \dot{m}h$$

$$\dot{Q}_{sal} = \dot{m}(h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w$$

Entonces:

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}_1}{\dot{v}_1} = \frac{30.86 \text{ m}^3/\text{min}}{0.868 \text{ m}^3/\text{kg}} = 35.55 \text{ kg}/\text{min}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}_1}{\dot{v}_1} = \frac{30.86 \text{ m}^3/\text{min}}{0.868 \text{ m}^3/\text{kg}} = 35.55 \text{ kg}/\text{min}$$

$$\dot{m}_w = 35.55 \text{ kg}/\text{min} * (0.0147 - 0.0084) = 0.22 \text{ kg}/\text{min}$$

$$\dot{Q}_{sal} = 35.55 \text{ kg}/\text{min} * (65.9 \text{ kJ}/\text{kg} - 38.6 \text{ kJ}/\text{kg}) - (0.22 \text{ kg}/\text{min} * 57.94 \text{ kJ}/\text{kg})$$

$$\dot{Q}_{sal} = 957.7 \text{ kJ}/\text{min} = 15.9 \text{ kW}$$

Ahora:

Comparando los datos obtenidos del calor sensible total en el proceso de enfriamiento y deshumidificación tengo:

*Tabla 12.* Datos comparativos de cálculo.

| Calor extraído por enfriamiento y deshumidificación. |          |
|------------------------------------------------------|----------|
| Por psicrometría                                     | 15.22 kW |
| Balance de masa y energía                            | 15.9 kW  |

Como observo en los resultados, la diferencia entre los cálculos entre balance de masa y energía y proceso psicrométrico es de 0.68 kW = 2321 BTU/h, es decir. Que en procesos prácticos esta carga no es relevante ni afecta al funcionamiento del serpentín

- **Dimensionamiento de ductos de aire.**

### **Redes de ductería.**

La función de un sistema de ductería es transportar el aire desde la unidad manejadora de aire (UMA) hasta el recinto a climatizar y ventilar, suele comprender los conductos de suministro y retorno.

Dentro de los elementos que constituyen el sistema puedo distinguir la ductería y los elementos terminales.

Estos sistemas se clasifican en función de la velocidad y de la presión en los conductos.

En función de la velocidad del aire tengo:

- conductos de baja velocidad ( $<12$  m/s, entre 6 y 12 m/s).
- y conductos de alta velocidad ( $>12$  m/s).

En función de la presión del aire en el conducto, se clasifican en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores:

- Baja presión (clase I): Hasta 90 mm.c.a.
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 mm.c.a.
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 mm.c.a.

### **Conceptos básicos.**

La red de ductería se diseña para conseguir llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseados.

### **Métodos de diseño.**

Existen varios métodos que permiten diseñar las redes de conductos de aire.

Entre ellos son:

- Método de reducción de velocidad.
- Método de pérdida de carga (fricción) constante.
- Método de recuperación estática.
- Método T.

Los más empleados suelen ser el método de pérdida de carga constante (para conductos de suministro de baja velocidad, retorno y ventilación) y el método de recuperación estática (principalmente en conductos de suministro de baja y alta velocidad). El método de reducción de velocidad no se suele utilizar por la

imprecisión y complejidad en los cálculos. El método T permite una optimización del diseño que no permiten los otros métodos. Sin embargo, no es tan común como los anteriores.

En este diseño se va a utilizar el método de pérdida por fricción constante, utilizando un factor de 0.1 in. de H<sub>2</sub>O por 100 ft. de ducto y la herramienta de cálculo será el ductulador digital de la empresa McQuay.

Ilustración 24. Ilustración 24. Ductulador digital (software McQuay).

DesignTools DuctSizer V...

Exit Print Clear Units About

Fluid density  
Fluid viscosity  
Specific Heat  
Energy factor

☒ Flow rate  cfm  
☒ Head loss  in.WC/100 ft  
☐ Velocity  fpm  
☐ Equivalent diameter  in  
Duct size  in X  in

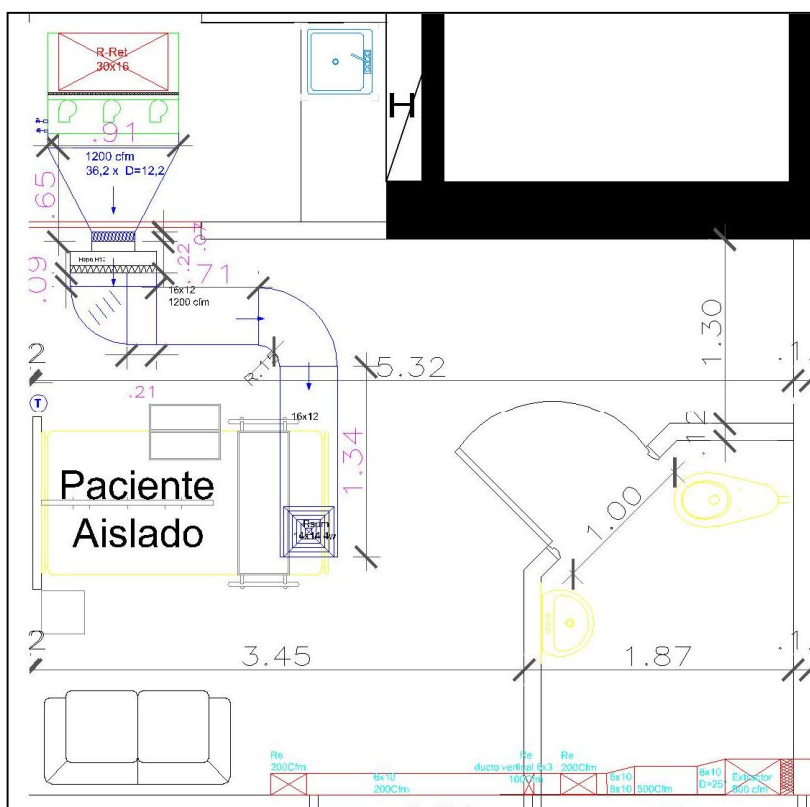
Equivalent Diameter  
Flow Area  
Fluid velocity  
Reynolds Number  
Friction factor  
Velocity Pressure  
Head Loss

**McQuay**  
Air Conditioning  
www.mcquay.com

Fuente: software de McQuay (Ductulador)

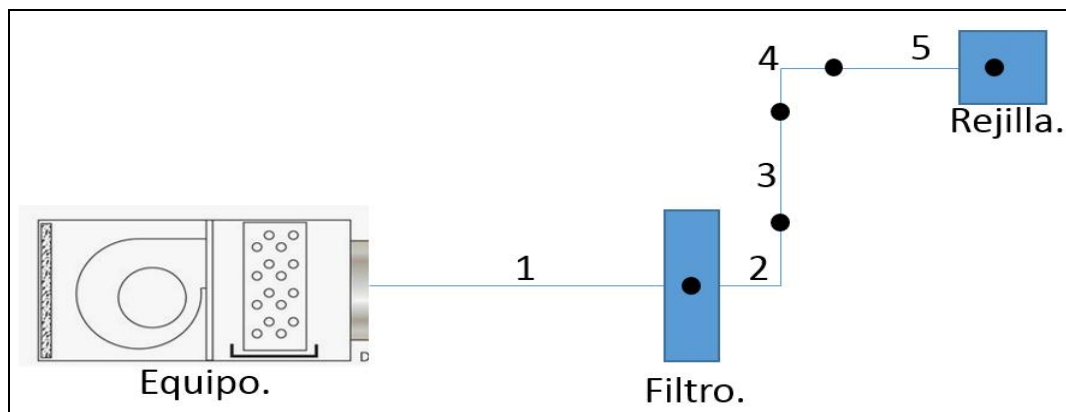


Ilustración 25. *Distribución de ductos en el cuarto*



83

Ilustración 26. Esquema de ductos de suministro.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Selección de suministro usando ductulador.

| Ducto principal (suministro) |                                     | Sección              |         | CFM      |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------|----------|
| 1                            | Transformación.                     | 36,2 x 5.5           | D = 12" | 1200 CFM |
| 2                            | Caja de mezclas con esquinero curvo | 20 x 16 h=12"        |         |          |
| 3                            | Ducto                               | 16 x 12              |         |          |
| 4                            | Codo                                | 16 x 12    r = 15 cm |         |          |
| 5                            | Ducto                               | 16 x 12              |         |          |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: la conexión del filtro a la transformación se realiza con ducto lona liso 12 in x 10 cm.

### Caída de presión en los ductos.

Teniendo en cuenta el tramo más largo en el trazado del ducto de suministro.

Ver ilustración 23.

Dónde:

- Longitud: 4.46 m = 14,63 ft.

Según los cálculos de los ductos se determinó que la pérdida por fricción es de 0.1 in de H<sub>2</sub>O por cada 100 ft de ducto por esto se tiene que:

$$14,63 \text{ ft} \frac{0,1 \text{ " de H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} = 0.01 \text{ " de H}_2\text{O}.$$

A este cálculo se le debe agregar la pérdida de la última rejilla del tramo más largo. Además la caída de presión por los filtros:

$$\text{Rejilla} = 0.159 \text{ " de H}_2\text{O}.$$

Caída de presión en filtros.

Σ De todas las caídas de presión en los filtros.

- MERV 8 = Caída de presión 0.18 in H<sub>2</sub>O
- MERV 14 = Caída de presión 0.44 in H<sub>2</sub>O
- H13 99.95 = Caída de presión 0.88 in H<sub>2</sub>O

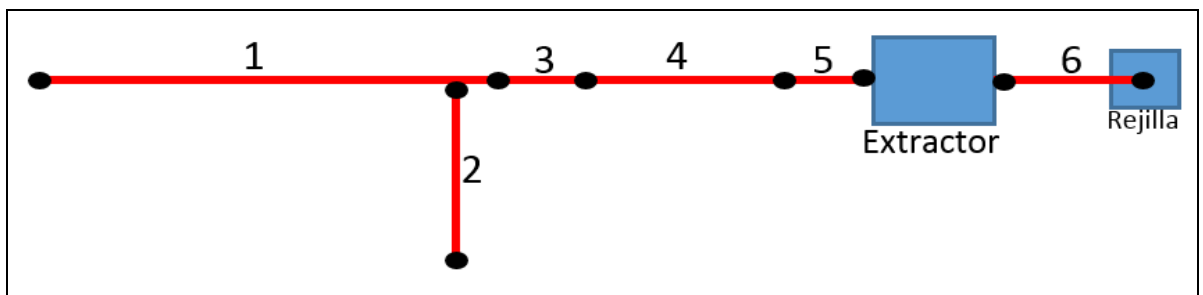
$$\text{Filtros} = 1.46 \text{ in H}_2\text{O}.$$

TOTAL caída de presión en ducto incluido los filtros = 1.47 in de H<sub>2</sub>O.

### Ducto de Extracción.

Para determinar los caudales de extracción, hay que tener en cuenta los recintos en los cuales se va a implementar el sistema, y el valor de la extracción para garantizar una presión negativa en baño y esclusa, una presión positiva en cuartos aislado y los cambios de aire por hora.

Ilustración 27. Esquema de ductos de extracción.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14. Selección de extracción usando ductulador.

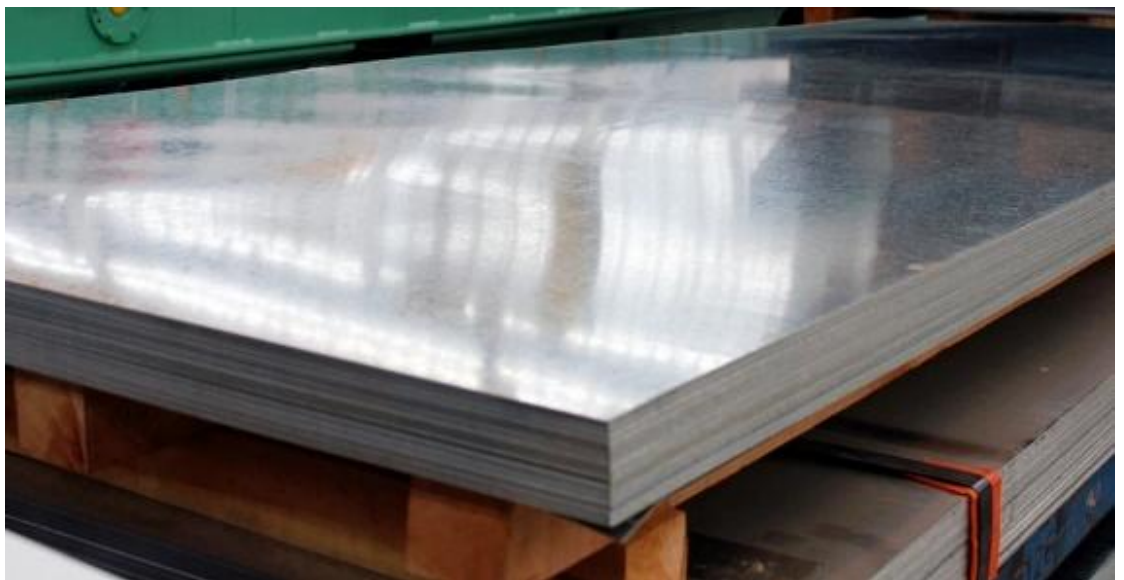
| Ducto principal (extracción de) |                                         | Sección         |         | CFM |
|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|---------|-----|
| 1                               | Ducto                                   | 6 x 10          |         | 200 |
| 2                               | Brazo Ducto vertical empotrado en pared | 6 x 3           |         | 100 |
| 3                               | Transformación                          | 6 x 10 a 8 x 10 |         | 500 |
| 4                               | Ducto                                   | 8 x 10          |         | 500 |
| 5                               | Transformación                          | 8 x 10          | D = 25" | 500 |
| 6                               | Transformación                          | D = 25"         | 14 x 14 | 500 |

## RECOMENDACIONES.

**1.** la fabricación de los ductos se debe realizar en lámina galvanizada.

- Este material garantiza la asepsia y la fácil desinfección en el interior del ducto.
- Permite la fácil limpieza.
- Fácil detección en daños de la superficie.

*Ilustración 28.* Lámina galvanizada.



*Fuente:* Elaboración propia.

## **2. Tipo de unión de ducto TDF.**

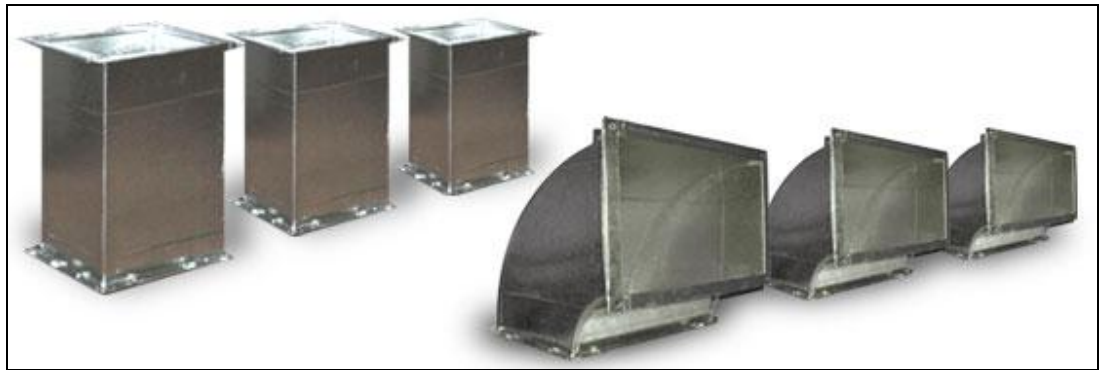
Este tipo de unión permite que dentro del ducto no se encuentre tornillos de sujeción entre ellos, que permitan la adherencia de material particulado ni

elemento de fibra de algodón que al estar expuesto a humedad y temperatura pueden convertir en un Agar para la formación de colonias de hongos o bacterias.

Característica de la unión TDF:

- Fácil montaje.
- Hermeticidad.
- Fácil limpieza dentro del ducto.

*Ilustración 29. Tipo de unión TDF.*



*Fuente:* Spiroductos S.A.S. [En línea]. Recuperado 2017-11-04.  
Disponible en: <http://spiroductos.com/skinoducto/>

### **3. El aislamiento térmico (Termo Long).**

Este tipo de aislamiento tiene la ventaja que no desprende partículas altamente nocivas a comparación con el aislamiento de lana mineral compuesta que desprende fibra de vidrio.

*Ilustración 30. Aislamiento térmico de ductos.*



*Fuente:* Isoplast [En línea]. Recuperado 2017-11-04  
Disponible: <http://www.isoplast.cl/productos/aire-acondicionado/>

### **3.4. Valores técnicos de Equipos y materiales.**

Para indicar los equipos de este diseño será genérico y no se recomienda ninguna marca ni referencia, solo se indica los datos técnicos.

- **Equipos de climatización y ventilación.**

#### **Fan coil o unidad manejadora.**

- Capacidad de refrigeración: 15.22 kW = 4.32 TR.  
CST=7.77 kW      CLT = 7.45 kW
- Flujo de aire: 1090.49 CFM.
- Toma de aire exterior de 24.6 %
- Conexión: derecha.
- Caída de presión por vencer el ventilador: 1.47 in H<sub>2</sub>O.

- Cajón de mezcla.
- Voltaje 220 V bifásico.
- Nivel de ruido: menor a 40 db.
- Conexión hidráulica 1" en la entrada y salida de agua.
- Conexión hidráulica derecha.
- Drenaje izquierdo.

#### **Extractor:**

- Voltaje: 110 V.
- Flujo de aire: 500 CFM.
- Nivel de ruido: menos 60 db.
- Tipo: Helicocentrífugo.

#### **Filtración:**

- MERV 8 según ASHRAE 52.2  
 $40\% \leq E_m < 60\%$   
 Caída de presión 0.18 in H<sub>2</sub>O
- MERV 14 según ASHRAE 52.2  
 $95\% \leq E_m$   
 Caída de presión 0.4 in H<sub>2</sub>O

$E_m$  = rendimiento medio frente al polvo atmosférico (%)

- H13  
 Eficacia de 99.95%  
 Penetración 0.05%  
 Caída de presión 0.88 in H<sub>2</sub>O



- **Equipos de control.**

**Termostato:**

- Voltaje 110 V.
- Rango de temperatura -20° a 70° C.
- Digital.

**Electroválvula**

- Conexión hidráulica de 1".
- 3 vías.
- Voltaje 110 V.
- Actuador mecánico de palanca.

**Manómetro:**

- Analógico.
- Rango de 0 a 2 in de H<sub>2</sub>O.
- Diferencial de presión.

**Anemómetro:**

- Digital.
- De hilo caliente.
- 30 m/s velocidad de flujo mínimo leído.
- Interfaz para análisis de datos.

## 6. PRESUPUESTO.

| CONCEPTO                                       |          | VALOR     |
|------------------------------------------------|----------|-----------|
| GASTOS GENERALES                               |          |           |
| Papelería y útiles de escritorio (Fotocopias). |          | 100.000   |
| GASTOS DE OFICINA                              |          |           |
| Horas de Computador.                           |          | 150.000   |
| Libro.                                         |          | 300.000   |
| TELEMÁTICA                                     |          |           |
| Computador.                                    |          | 1.800.000 |
| TALENTO HUMANO                                 |          |           |
| Pago por asesorías por hora.                   |          | 2.000.000 |
| DISEÑO                                         |          |           |
| Cálculos y Comissioning.                       |          | 8.000.000 |
| MATERIALES                                     |          |           |
| Fabricación de ductos y montaje.               |          | 1.300.000 |
| Consumibles.                                   |          | 100.000   |
| Fan coil o unidad manejadora.                  |          | 8.200.000 |
| Extractor.                                     |          | 2.100.000 |
| Filtración.                                    | Merv 8.  | 50.000    |
|                                                | Merv 19. | 1.300.000 |
| Aislamiento térmico termolong.                 |          | 150.000   |

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Lámina galvanizada calibre 24. | 160.000           |
| Rejillas.                      | 110.000           |
| Termostato.                    | 270.000           |
| Eletroválvula.                 | 160.000           |
| Anemómetro.                    | 1.300.000         |
| Herrajes.                      | 15.000            |
| Manómetro.                     | 870.000           |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO.</b>      | <b>28.435.000</b> |

## BIBLIOGRAFÍA

Chuaqui B, González S. Manual de Patología General Capítulo 5: Alteraciones del Crecimiento y Desarrollo. Neoplasia. Clasificación de las Neplasias según su evolución. Disponible en la página web de la Universidad Católica de Chile. Revisado el 13 de septiembre de 2016 en la dirección: [http://escuela.med.puc.cl/publ/patologiageneral/Patol\\_093.html](http://escuela.med.puc.cl/publ/patologiageneral/Patol_093.html)

Cruz.J.J. Oncología Clínica. 4 Edición. Nova Sidonia. España 2008.

Stricker T, Kumar V. Neoplasia en Kumar: Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease, Professional Charter 7 Edition, 8th ed Saunders Elsevier EEUU 2009.

Jacox A. Manejo del Dolor por Cáncer. Guía Clínica Practica N. 9. US. Department of Health and Human Services. 1994.

Terret C, Castel E-, Albran G, Effects of comorbidity on screening and early diagnosis of cancer in elderly people. Lancet Oncol 2009.

Terret C, Castel-Kremer E, Albrand G, Droz JP. Effects of comorbidity on screening and early diagnosis of cancer in elderly people Lancet Oncol 2009.

Terret C., Castel-Kremer E., Albrand G., et al Effects of comorbidity on screening and early diagnosis of cancer in elderly people Lancet Oncol 2009.

Yunes A. Cengel; Boles, M.A.: Termodinamica. Mc Graw-Hill, 6 edición, 1996

ASHRAE. HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics Second Edition 2003-2013

ASHRAE/ASHE STANDARD, ventilation of health care facilities. Estándar 170-2008

**ANEXO 1.** Guía de aislamiento.

En la carpeta de anexos encontrara este documento en formato .PDF.

## ANEXO. 2 valores de ventilación e infiltración.

### Ventilation and Infiltration

26.15

Table 1 Effective Air Leakage Areas (Low-Rise Residential Applications Only)

|                                             | Units<br>(see note)              | Best<br>Estimate | Mini-<br>mum | Maxi-<br>mum |                                                     | Units<br>(see note)              | Best<br>Estimate | Mini-<br>mum | Maxi-<br>mum |
|---------------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|--------------|
| Ceiling                                     |                                  |                  |              |              | Piping/Plumbing/Wiring penetrations                 |                                  |                  |              |              |
| General                                     | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.026            | 0.011        | 0.04         | Uncaulked                                           | in <sup>2</sup> ea               | 0.9              | 0.31         | 3.7          |
| Drop                                        | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0027           | 0.00066      | 0.003        | Caulked                                             | in <sup>2</sup> ea               | 0.3              | 0.16         | 0.3          |
| Ceiling penetrations                        |                                  |                  |              |              | Vents                                               |                                  |                  |              |              |
| Whole-house fans                            | in <sup>2</sup> ea               | 3.1              | 0.25         | 3.3          | Bathroom with damper closed                         | in <sup>2</sup> ea               | 1.6              | 0.39         | 3.1          |
| Recessed lights                             | in <sup>2</sup> ea               | 1.6              | 0.23         | 3.3          | Bathroom with damper open                           | in <sup>2</sup> ea               | 3.1              | 0.95         | 3.4          |
| Ceiling/Flue vent                           | in <sup>2</sup> ea               | 4.8              | 4.3          | 4.8          | Dryer with damper                                   | in <sup>2</sup> ea               | 0.46             | 0.45         | 1.1          |
| Surface-mounted lights                      | in <sup>2</sup> ea               | 0.13             |              |              | Dryer without damper                                | in <sup>2</sup> ea               | 2.3              | 1.9          | 5.3          |
| Chimney                                     | in <sup>2</sup> ea               | 4.5              | 3.3          | 5.6          | Kitchen with damper open                            | in <sup>2</sup> ea               | 6.2              | 2.2          | 11           |
| Crawl space                                 |                                  |                  |              |              | Kitchen with damper closed                          | in <sup>2</sup> ea               | 0.8              | 0.16         | 1.1          |
| General (area for exposed wall)             | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.144            | 0.1          | 0.24         | Kitchen with tight gasket                           | in <sup>2</sup> ea               | 0.16             |              |              |
| 8 in. by 16 in. vents                       | in <sup>2</sup> ea               | 20               |              |              | Walls (exterior)                                    |                                  |                  |              |              |
| Door frame                                  |                                  |                  |              |              | Cast-in-place concrete                              | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.007            | 0.0007       | 0.026        |
| General                                     | in <sup>2</sup> ea               | 1.9              | 0.37         | 3.9          | Clay brick cavity wall, finished                    | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0098           | 0.0007       | 0.033        |
| Masonry, not caulked                        | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.07             | 0.024        | 0.07         | Precast concrete panel                              | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.017            | 0.0004       | 0.024        |
| Masonry, caulked                            | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.014            | 0.004        | 0.014        | Lightweight concrete block, unfinished              | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.05             | 0.019        | 0.058        |
| Wood, not caulked                           | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.024            | 0.009        | 0.024        | Lightweight concrete block, painted or stucco       | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.016            | 0.0075       | 0.016        |
| Wood, caulked                               | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.004            | 0.001        | 0.004        | Heavyweight concrete block, unfinished              | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0036           |              |              |
| Trim                                        | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.05             |              |              | Continuous air infiltration barrier                 | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0022           | 0.0008       | 0.003        |
| Jamb                                        | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.4              | 0.3          | 0.5          | Rigid sheathing                                     | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.005            | 0.0042       | 0.006        |
| Threshold                                   | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.1              | 0.06         | 1.1          | Window framing                                      |                                  |                  |              |              |
| Doors                                       |                                  |                  |              |              | Masonry, uncaulked                                  | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.094            | 0.082        | 0.148        |
| Attic/crawl space, not weatherstripped      | in <sup>2</sup> ea               | 4.6              | 1.6          | 5.7          | Masonry, caulked                                    | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.019            | 0.016        | 0.03         |
| Attic/crawl space, weatherstripped          | in <sup>2</sup> ea               | 2.8              | 1.2          | 2.9          | Wood, uncaulked                                     | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.025            | 0.022        | 0.039        |
| Attic fold down, not weatherstripped        | in <sup>2</sup> ea               | 6.8              | 3.6          | 13           | Wood, caulked                                       | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.004            | 0.004        | 0.007        |
| Attic fold down, weatherstripped            | in <sup>2</sup> ea               | 3.4              | 2.2          | 6.7          | Windows                                             |                                  |                  |              |              |
| Attic fold down, with insulated box         | in <sup>2</sup> ea               | 0.6              |              |              | Awning, not weatherstripped                         | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.023            | 0.011        | 0.035        |
| Attic from unconditioned garage             | in <sup>2</sup> ea               | 0                | 0            | 0            | Awning, weatherstripped                             | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.012            | 0.006        | 0.017        |
| Double, not weatherstripped                 | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.16             | 0.1          | 0.32         | Casement, weatherstripped                           | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.011            | 0.005        | 0.14         |
| Double, weatherstripped                     | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.12             | 0.04         | 0.33         | Casement, not weatherstripped                       | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.013            |              |              |
| Elevator (passenger)                        | in <sup>2</sup> ea               | 0.04             | 0.022        | 0.054        | Double horizontal slider, not weatherstripped       | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.052            | 0.0009       | 0.16         |
| General, average                            | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.015            | 0.011        | 0.021        | Double horizontal slider, wood, weatherstripped     | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.026            | 0.0070       | 0.081        |
| Interior (pocket, on top floor)             | in <sup>2</sup> ea               | 2.2              |              |              | Double horizontal slider, aluminum, weatherstripped | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.034            | 0.027        | 0.038        |
| Interior (stairs)                           | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.04             | 0.012        | 0.070        | Double-hung, not weatherstripped                    | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.12             | 0.040        | 0.29         |
| Mail slot                                   | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.2              |              |              | Double-hung, weatherstripped                        | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.031            | 0.009        | 0.089        |
| Sliding exterior glass patio                | in <sup>2</sup> ea               | 3.4              | 0.46         | 9.3          | Double-hung with storm, not weatherstripped         | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.046            | 0.023        | 0.080        |
| Sliding exterior glass patio                | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.079            | 0.009        | 0.22         | Double-hung with storm, weatherstripped             | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.037            | 0.021        | 0.05         |
| Storm (difference between with and without) | in <sup>2</sup> ea               | 0.9              | 0.46         | 0.96         | Double-hung with pressurized track, weatherstripped | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.023            | 0.018        | 0.026        |
| Single, not weatherstripped                 | in <sup>2</sup> ea               | 3.3              | 1.9          | 8.2          | Jalousie                                            | in <sup>2</sup> /louver          | 0.524            |              |              |
| Single, weatherstripped                     | in <sup>2</sup> ea               | 1.9              | 0.6          | 4.2          | Lumped                                              | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.022            | 0.00042      | 0.097        |
| Vestibule (subtract per each location)      | in <sup>2</sup> ea               | 1.6              |              |              | Single horizontal slider, weatherstripped           | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.031            | 0.009        | 0.097        |
| Electrical outlets/switches                 |                                  |                  |              |              | Single horizontal slider, aluminum                  | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.04             | 0.013        | 0.097        |
| No gaskets                                  | in <sup>2</sup> ea               | 0.38             | 0.08         | 0.96         | Single horizontal slider, wood                      | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.021            | 0.013        | 0.047        |
| With gaskets                                | in <sup>2</sup> ea               | 0.023            | 0.012        | 0.54         | Single horizontal slider, wood clad                 | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.030            | 0.025        | 0.038        |
| Furnace                                     |                                  |                  |              |              | Single-hung weatherstripped                         | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.041            | 0.029        | 0.058        |
| Sealed (or no) combustion                   | in <sup>2</sup> ea               | 0                | 0            | 0            | Sill                                                | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.0099           | 0.0065       | 0.010        |
| Retention head or stack damper              | in <sup>2</sup> ea               | 4.6              | 3.1          | 4.6          | Storm inside, heat shrink                           | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.00085          | 0.00042      | 0.00085      |
| Retention head and stack damper             | in <sup>2</sup> ea               | 3.7              | 2.8          | 4.6          | Storm inside, rigid sheet with magnetic seal        | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.0056           | 0.00085      | 0.011        |
| Floors over crawl spaces                    |                                  |                  |              |              | Storm inside, flexible sheet with mechanical seal   | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.0072           | 0.00085      | 0.039        |
| General                                     | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.032            | 0.006        | 0.071        | Storm inside, rigid sheet with mechanical seal      | in <sup>2</sup> /lfts            | 0.019            | 0.0021       | 0.039        |
| Without ductwork in crawl space             | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0285           |              |              | Storm outside, pressurized track                    | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.025            |              |              |
| With ductwork in crawl space                | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.0324           |              |              | Storm outside, 2-track                              | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.058            |              |              |
| Fireplace                                   |                                  |                  |              |              | Storm outside, 3-track                              | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.116            |              |              |
| With damper closed                          | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.62             | 0.14         | 1.3          |                                                     |                                  |                  |              |              |
| With damper open                            | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 5.04             | 2.09         | 5.47         |                                                     |                                  |                  |              |              |
| With glass doors                            | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.58             | 0.06         | 0.58         |                                                     |                                  |                  |              |              |
| With insert and damper closed               | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.52             | 0.37         | 0.66         |                                                     |                                  |                  |              |              |
| With insert and damper open                 | in <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> | 0.94             | 0.58         | 1.3          |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Gas water heater                            | in <sup>2</sup> ea               | 3.1              | 2.3          | 3.9          |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Joints                                      |                                  |                  |              |              |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Ceiling-wall                                | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.070            | 0.0075       | 0.12         |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Sole plate, floor/wall, uncaulked           | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.2              | 0.018        | 0.26         |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Sole plate, floor/wall, caulked             | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.04             | 0.0035       | 0.056        |                                                     |                                  |                  |              |              |
| Top plate, band joist                       | in <sup>2</sup> /lftc            | 0.005            | 0.0035       | 0.018        |                                                     |                                  |                  |              |              |

Note: Air leakage areas are based on values found in the literature. The effective air leakage area (in square inches) is based on a pressure difference of 0.016 in. of water and  $C_D = 1$ .

Abbreviations: ft<sup>2</sup> = gross area in square feet  
ea = each

lftc = linear foot of crack  
lfts = linear foot of sash

### ANEXO 3. Ejemplo de reporte de contador de partículas.

Este reporte corresponde a un análisis práctico a un área limpia con el equipo contador de partículas.

Donde se puede observar la fecha, los intervalos de tiempo y la cantidad de partículas de los 3 tipos de tamaño que este equipo registra.

| Handheld LPC Data Retrieval Software Report |          |        |                    |               |                                 |          |          |          |      |
|---------------------------------------------|----------|--------|--------------------|---------------|---------------------------------|----------|----------|----------|------|
| Mode : Repeat                               |          |        |                    |               |                                 |          |          |          |      |
| Start Time:2015-07-09 16:34:37              |          |        |                    |               | Report Time:2015-11-30 08:54:03 |          |          |          |      |
| Stop Time:2015-07-09 13:16:09               |          |        |                    |               |                                 |          |          |          |      |
| Date & Time                                 | Location | Status | Sampling Time(Sec) | Interval Time | Times                           | 0.3um    | 0.5um    | 5.0um    | Unit |
| 2015-11-28 09:41:46                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 8                               | 6,40E+05 | 6,55E+04 | 6,40E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 09:43:46                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 9                               | 6,17E+05 | 6,47E+04 | 9,95E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:01:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 1                               | 5,73E+05 | 5,56E+04 | 7,20E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:03:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 2                               | 5,72E+05 | 5,29E+04 | 5,35E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:05:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 3                               | 5,87E+05 | 5,34E+04 | 3,90E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:07:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 4                               | 6,63E+05 | 6,58E+04 | 7,50E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:09:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 5                               | 6,56E+05 | 6,41E+04 | 7,80E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:11:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 6                               | 6,57E+05 | 6,55E+04 | 5,85E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:13:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 7                               | 6,58E+05 | 6,68E+04 | 6,30E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:15:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 8                               | 6,66E+05 | 6,64E+04 | 5,30E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:17:17                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 9                               | 6,60E+05 | 6,56E+04 | 6,15E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:20:09                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 1                               | 1,16E+06 | 1,59E+05 | 1,11E+03 | /cf  |
| 2015-11-28 10:22:09                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 2                               | 1,23E+06 | 1,76E+05 | 8,40E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:24:09                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 3                               | 1,26E+06 | 1,81E+05 | 9,15E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:26:09                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 4                               | 1,27E+06 | 1,84E+05 | 7,35E+02 | /cf  |
| 2015-11-28 10:28:09                         | 5        | OK     | 120                | 120           | 5                               | 1,29E+06 | 1,91E+05 | 7,40E+02 | /cf  |

**ANEXO 4. PLANO ARQUITECTÓNICO, VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.**

En la carpeta de anexos encontrara este documento en formato .Dwg.

**ANEXO 5. DIRECCIONALIDAD DE FLUJO. Dwg**

En la carpeta de anexos encontrara este documento en formato .DWG



## HOJA DE FIRMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Nestor D'croz", written over a horizontal line.

Director: Nestor D'croz.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Cesar Javier Claro Lopez", written over a horizontal line.

Estudiante: Cesar Javier Claro Lopez.