

**PRÁCTICA PROFESIONAL Y SU PROYECCIÓN A LA  
APLICACIÓN EFICIENTE DE SISTEMAS SOLAR TÉRMICOS  
Y DE CLIMATIZACIÓN EN COSTA RICA**

**José Roberto Zúñiga Paniagua**

Disertación del Proyecto final, presentado a

**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

**Instituto Politécnico de Bragança**

Para obtener el grado de Máster en

**Energías Renovables y Eficiencia Energética**

Julio 2012



**PRÁTICA PROFESIONAL Y SU PROYECCIÓN A LA  
APLICACIÓN EFICIENTE DE SISTEMAS SOLAR TÉRMICOS  
Y DE CLIMATIZACIÓN EN COSTA RICA**

**José Roberto Zúñiga Paniagua**

Disertación del Proyecto Final presentado a  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

Para obtener el grado de Máster en  
**Energías Renovables y Eficiencia Energética**

Supervisor:

Prof. Dr. Luís Manuel Frólén Ribeiro

Julio 2012



Dedicatoria

A Dios y a mi familia por estar siempre presentes



# Agradecimientos

Primero que todo quiero agradecer a Dios por todas las oportunidades que me ha presentado en la vida, por permitirme llegar hasta este nivel y ser partícipe de esta experiencia. Luego a mi familia, por estar siempre ahí brindándome su apoyo, dándome el ejemplo y la motivación para seguir adelante y dar siempre lo mejor de mi. A mi país Costa Rica, que me ha abierto muchas puertas y me ha dado una gran educación. Al programa Erasmus Mundus E2HANCE, que mediante su sistema de becas me han permitido ser partícipe de una experiencia inolvidable tanto a nivel académico como cultural. A Portugal, porque se convirtió en mi segunda casa y siempre recibí un excelente trato y definitivamente siempre recordaré con cariño. Al IPB, y a todos los funcionarios, colegas de clases y profesores, que me brindaron su ayuda y amistad a lo largo de este programa. Al profesor Luís Frólén Ribeiro, quien además de su aporte en las aulas, me apoyó en la práctica profesional y la presente tesis. A Mecatermica, que me brindó la oportunidad de realizar la práctica profesional y también a todos los empleados con los que compartí, principalmente a los ingenieros Francisco Almeida, Luís Correia y Gabriel Silva, que me guiaron en cada momento para la comprensión de lo realizado.



# Abstract

This project is a compilation of what was learned during the professional practice at Mecatérmica, Sociedade Mec nica Thermal, Lda, located in Bragança, Portugal, during January 24th to May 31st of 2012.

It initially presents a brief description of each of the projects involved, considering the location, climatic conditions of the environment and the measures that were introduced to present a solution.

Later it becomes more insight into each of the systems and techniques and design that were made, through a model project of air conditioning and water heating. To explain in detail, were used examples from projects in the professional practice. It also contains a brief description of the work done in site to complement the design that was done in office.

Finally, an analysis of the efficient application of air conditioning and solar systems in Costa Rica. By analyzing the most appropriate techniques for achieving thermal confort through studying the letter of Givoni and other measures present in environmental design.

In the case of solar energy, it was made a comparison between a system located in Bragança, Portugal and one in San Jose, Costa Rica. Using as a parameter a family of 5 members. Through this comparison it was possible to observe the efficiency of such systems for San Jose and the differences between both systems due to the location.

**Keywords:** Air insufflation, Air extraction, Enviromental design, Energy efficiency



# Resumen

En este proyecto se presenta una recopilación de lo aprendido durante la práctica profesional en la empresa Mecatérmica, Sociedade Mecânica Térmica, Lda, ubicada en Bragança, Portugal, durante el período del 24 de enero al 31 de mayo del año 2012.

Se presenta inicialmente una breve descripción de cada uno de los proyectos en los que se participó, considerando la localización, las condiciones climáticas del entorno y las medidas que fueron presentadas para presentar una solución.

Posteriormente se hace una mayor profundización en cada uno de los sistemas y las diferentes técnicas y dimensionamientos que fueron realizados, esto mediante un proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua. Para poder explicar detalladamente, se utilizaron ejemplos tomados de los proyectos en los cuales se trabajó durante la práctica profesional. Además contiene una breve descripción de las labores realizadas en las obras como complemento de lo realizado en diseño de oficina.

Finalmente se realiza un análisis de la aplicación eficiente de sistemas de climatización y aprovechamiento solar en Costa Rica. Mediante un análisis de las técnicas más adecuadas para climatización por medio del estudio de la carta de Givoni y otras medidas presentes en la arquitectura bioclimática.

Para el caso del aprovechamiento solar, se realizó una comparación entre un sistema ubicado en Bragança, Portugal y otro en San José, Costa Rica. Utilizando como parámetro una núcleo familiar de 5 miembros. Mediante esta comparación se logró observar la eficiencia de este tipo de sistemas para la zona de San José y las diferencias que se presentan entre ambos sistemas debido a la localización.

**Palabras clave:** Insuflación de aire, Extracción de aire, Diseño bioclimático, Eficiencia Energética



# Nomenclatura

**ASHRAE** American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.

**RCCTE** Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

**RSECE** Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

**SMACNA** Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association

**UTAN** Unidad de Tratamiento de Aire Nuevo

**VE** Ventilador de Extracción

**VRV** Volumen de Refrigerante Variable



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos . . . . .	3
1.2. Organización . . . . .	3
<b>2. Descripción de las obras</b>	<b>5</b>
2.1. Associação de Municipios da Terra Fria do Nordeste Transmontano . . . . .	5
2.2. Lar da Associação de Parada . . . . .	7
2.3. Centro Social y Cultural . . . . .	8
2.4. Lar da III Idade de Carvalhais . . . . .	10
<b>3. Desarrollo de proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua</b>	<b>13</b>
3.1. Sistemas de insuflación y extracción . . . . .	14
3.1.1. Elementos de los sistemas de insuflación y extracción . . . . .	22
3.1.1.1. Unidades de tratamiento de aire nuevo . . . . .	23
3.1.1.2. Ventiladores de extracción . . . . .	23
3.1.1.3. Rejillas . . . . .	23
3.1.1.4. Difusores . . . . .	25
3.1.1.5. Válvulas de extracción . . . . .	26
3.1.1.6. Ductos . . . . .	26
3.1.1.7. Registros de caudal . . . . .	27
3.1.1.8. Registros corta fuego . . . . .	28
3.1.1.9. Puertas de visita . . . . .	28
3.2. Sistema de calentamiento y enfriamiento . . . . .	29
3.2.1. Sistema de VRVs . . . . .	30
3.2.2. Sistema de radiadores . . . . .	31
3.2.3. Ventilconvectores . . . . .	33
3.3. Calderas . . . . .	34
3.4. Colectores solares . . . . .	34

3.5. Cuadro eléctrico . . . . .	37
3.6. Ejecución del proyecto . . . . .	39
<b>4. Aplicación eficiente de sistemas de climatización y aprovechamiento solar en Costa Rica</b>	<b>47</b>
4.1. Sistemas de climatización . . . . .	49
4.2. Sistemas solar térmicos . . . . .	53
4.2.1. Comparación de sistema solar térmico para las zonas de Bragança, Portugal y San José, Costa Rica . . . . .	55
4.2.1.1. Planteamiento del sistema . . . . .	56
4.2.1.2. Desarrollo del sistema . . . . .	58
4.2.2. Limitaciones de los sistemas solar térmicos en Costa Rica . . . . .	65
<b>5. Conclusiones</b>	<b>67</b>

# Índice de figuras

1.1. Proyecto típico desarrollado por la empresa Mecatérmica . . . . .	1
1.2. Tareas desempeñadas en cada obra durante la práctica profesional . . . . .	2
1.3. Estructura a ser desarrollada en el presente reporte . . . . .	3
3.1. Ventilación por desplazamiento [13] . . . . .	15
3.2. Ventilación por mezcla [13] . . . . .	16
3.3. Sección de hoja de fabricante de rejillas de insuflación . . . . .	24
3.4. Ubicación apropiada de rejillas . . . . .	25
3.5. Ubicación adecuada de ductos en la azotea respecto dirección del viento . . .	27
3.6. Ejemplo de colocación de registros de caudal en proyecto AMTFNT . . . . .	28
3.7. Ejemplo de colocación de puertas de visita en “Centro Social y Cultural” . .	29
3.8. Sistema de VRVs de proyecto AMTFNT . . . . .	31
3.9. Diseño de radiadores en “Centro Social y Cultural” . . . . .	32
3.10. Influencia de cercanía con el exterior en la carga térmica y el diseño respectivo	33
3.11. Orientación de colectores en “Lar da III Idade de Carvalhais” . . . . .	36
3.12. Diseño de circuitos ramales para cuadro eléctrico . . . . .	38
3.13. Diseño de control y protecciones para cuadro eléctrico . . . . .	38
3.14. Diseño de interacción con el usuario para cuadro eléctrico . . . . .	39
3.15. UTANs piso 0 y piso 1 . . . . .	41
3.16. Ventiladores de extracción 1 y 2 . . . . .	41
3.17. UTAN piso 1 y ductos . . . . .	42
3.18. Entrada de aire nuevo en UTAN piso 0 . . . . .	42
3.19. Construcción de base para colectores solares . . . . .	43
3.20. Colocación de colectores solares . . . . .	43
3.21. Conexión entre colectores . . . . .	44
3.22. Colocación de aislante para tuberías . . . . .	44
3.23. Estructura trasera de colectores solares . . . . .	45
3.24. Sistema colectores solares . . . . .	45

3.25. Bomba de calor y depósito acumulador . . . . .	46
3.26. Vista amplia de azotea . . . . .	46
4.1. Carta bioclimática de Givoni [2] . . . . .	51
4.2. Plantas aplicables en biorremediación . . . . .	53
4.3. Promedios diarios media anual de la radiación solar global en Costa Rica [15]	55
4.4. Energía (MJ) mensual necesaria para calentamiento de agua . . . . .	58
4.5. Intensidad útil diaria a lo largo del año ( $MJ/m^2$ ) . . . . .	59
4.6. Rendimiento real del colector solar a lo largo del año . . . . .	60
4.7. Energía diaria por unidad de area captada por el colector solar a lo largo del año ( $MJ/m^2$ ) . . . . .	61

# Índice de cuadros

2.1. Condiciones exteriores del edificio AMTFNT . . . . .	6
2.2. Condiciones interiores del edificio AMTFNT . . . . .	7
2.3. Condiciones exteriores del edificio Lar da Associação de Parada . . . . .	8
2.4. Condiciones interiores del edificio Lar da Associação de Parada . . . . .	8
2.5. Condiciones exteriores del edificio Lar da III Idade de Carvalhais . . . . .	12
2.6. Condiciones interiores del edificio Lar da III Idade de Carvalhais . . . . .	12
3.1. Caudales mínimos de aire nuevo (RSECE - ANEXO VI) . . . . .	17
3.2. Aire a insuflar en cada espacio del centro social y cultural . . . . .	19
3.3. Aire a extraer en cada espacio del centro social y cultural . . . . .	21
3.4. Corrección de aire a insuflar en pasillos del centro social y cultural . . . . .	22
3.5. Ventiladores de extracción en Centro Social y Cultural . . . . .	23
3.6. Radiadores seleccionados en “Centro Social y Cultural” . . . . .	33
4.1. Datos climáticos para la provincia de San José . . . . .	51
4.2. Temperatura del agua de la red . . . . .	57
4.3. Número de horas útiles de sol . . . . .	57
4.4. Temperatura ambiente mensual . . . . .	58
4.5. Número de colectores necesarios para captar la energía necesaria . . . . .	62
4.6. Energía captada y fracción solar para sistemas con un colector solar . . . . .	63
4.7. Energía captada y fracción solar para sistemas con 2 colectores solares . . . . .	64



# Capítulo 1

## Introducción

El presente proyecto se fundamenta en la práctica profesional para la maestría en Energías Renovables y Eficiencia Energética, la cual fue realizada dentro del período del 24 de enero del 2012 hasta el 31 de mayo del mismo año en la empresa Mecatérmica, Sociedade Mecânica Térmica, Lda, con ubicación en Loteamento do Plantório, Lote 39 - 5300-252 Bragança, Portugal. No obstante, para el presente trabajo se limitó solamente a la labor realizada hasta el día 5 de mayo. Durante este período se realizaron labores en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética que forman parte de los servicios de la empresa, de manera más específica sistemas de climatización y calentamiento de agua, los cuales se muestran en la figura 1.1 de manera más detallada.

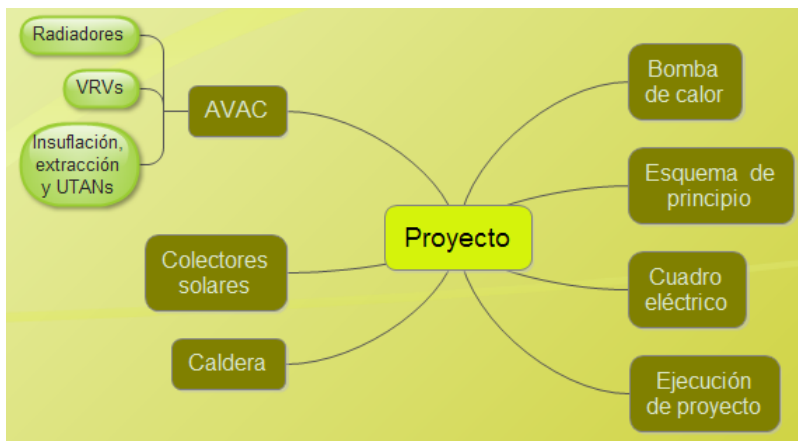


Figura 1.1: Proyecto típico desarrollado por la empresa Mecatérmica

Las labores realizadas fueron distribuidas en cuatro proyectos distintos. La participación en estos durante la práctica profesional fue de manera alternada entre el trabajo en oficina y el trabajo en obras, para complementar de este modo los conocimientos del diseño de los sistemas con la implementación del mismo. Sin embargo, por limitaciones temporales

de la práctica profesional, la participación en la puesta en marcha se realizó únicamente en el proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais” mientras que el trabajo de diseño en los tres proyectos restantes. No obstante la similitud en el tipo de sistemas permiten una buena comprensión. El trabajo realizado para cada determinado proyecto se aprecia en la figura 1.2.



Figura 1.2: Tareas desempeñadas en cada obra durante la práctica profesional

Cada proyecto consta de un proceso de diseño según las condiciones requeridas para la instalación, sin embargo los proyectos en los cuales se participó presentan características similares, por esta razón, en el transcurso de este documento se tratará cada una de estas etapas una única vez para no redundar en información. La selección del proyecto ejemplo tratado se realizó considerando la participación en el proceso de diseño y si el nivel de complejidad del sistema era suficientemente representativo para una comprensión general. En la figura 1.3 se esquematizan las diferentes labores realizadas en la empresa Mecatérmica y la forma en la cual fueron asignadas entre los diferentes proyectos para su posterior análisis. Se presenta un mayor aporte del “Centro Social e Cultural” lo cual se debe a que dicho diseño fue el último realizado y por ende el conocimiento adquirido y la participación en este fue mayor que en los anteriores.

Además de detallar las tareas desempeñadas en la empresa durante la práctica profesional, se pretende realizar un análisis comparativo de un proyecto de esta índole con ubicación en Costa Rica, abarcando las diferencias con la situación en Portugal.



Figura 1.3: Estructura a ser desarrollada en el presente reporte

## 1.1. Objetivos

- Describir las funciones realizadas en la práctica profesional en la empresa Mecatérmica, Sociedade Mecânica Térmica, Lda.
- Determinar los pasos a seguir en un proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua.
- Analizar la aplicación eficiente de sistemas de climatización y aprovechamiento solar en Costa Rica

## 1.2. Organización

Esta tesis está organizada en 5 capítulos. El capítulo 2 presenta una descripción de cada uno de los proyectos en los cuales se trabajó durante la práctica profesional, tomando en cuenta la localización, las condiciones climáticas y los métodos a emplear para dar una solución a la situación propuesta.

El capítulo 3 consiste en la presentación de un proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua, utilizando las labores realizadas en los distintos proyectos para ejemplificar más específicamente como debe ser efectuado un proyecto de este tipo y a su vez mostrar la participación durante la práctica profesional.

El capítulo 4 trata de la aplicación eficiente de sistemas de climatización y aprovechamiento solar en Costa Rica, haciendo un paso por las políticas energéticas del país. En el caso de

la climatización se muestra un análisis de las técnicas más adecuadas según las condiciones climáticas, mientras que para el caso del aprovechamiento solar se realiza una comparación de un sistema ubicado en Bragança, Portugal y otro en San José, Costa Rica, para analizar las posibles diferencias y las ventajas o desventajas de aplicar esta tecnología en el país centroamericano.

Finalmente el capítulo 5 presenta las conclusiones alcanzadas en el proyecto y las posibles soluciones a la problemática energética en Costa Rica.

# Capítulo 2

## Descripción de las obras

Las labores realizadas durante el período de práctica profesional se enfocaron en cuatro proyectos principales, los cuales serán la base de este documento. En cada uno de estos se desempeñaron diferentes funciones, las cuales en conjunto muestran el panorama completo de un proyecto de este tipo. Los proyectos que serán tomados en consideración son los siguientes:

1. Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano
2. Lar da Associação de Parada
3. Centro Social e Cultural
4. Lar da III Idade de Carvalhais

A continuación se muestra una breve descripción de los proyectos.

### **2.1. Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano**

Este proyecto consiste en la rehabilitación del edificio “Associação dos Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano (AMTFNT)” que se encuentra localizado en el consejo de Bragança en el distrito del mismo nombre. Dicho edificio fue construido hace aproximadamente 30 años, razón por la cual presenta ciertos daños debido al transcurso del tiempo. Entre las varias reparaciones que se le desea realizar se encuentra una solución de ventilación y climatización que se ajuste a la situación actual, tomando en consideración la finalidad de las instalaciones, la ejecución técnica, el encuadramiento arquitectónico, la topología del edificio existente y la facilidad de mantenimiento y utilización. En cuanto al tratamiento de aire interior del edificio, el sistema a considerar sigue los objetivos pretendidos y la legislación

vigente en la actualidad. Las soluciones propuestas en el proyecto toman en cuenta, además de la arquitectura del edificio, el cumplimiento de las normas según el RCCTE y el RSECE, de manera tal que tenga facilidad de mantenimiento y utilización.

El edificio será dotado de un sistema de calentamiento y enfriamiento de tipo Volumen de Refrigerante Variable (VRV) para climatización y de unidades de tratamiento de aire nuevo para garantizar el aire nuevo. Como unidades finales de climatización fueron consideradas unidades interiores de tipo pared y techo/piso, unidades de tratamiento de aire nuevo (UTAN) y ventiladores de extracción (VE). La unidad de tratamiento de aire será alimentada a través de una batería de expansión directa. Las redes aerálicas de insuflación, retorno y extracción serán conforme a los planos diseñados de manera que haya una distribución uniforme del aire por los espacios pretendidos.

El edificio será dividido en tres zonas, una referente a la zona de los pisos -1 y 1, la segunda al piso 0 y la tercera al piso 2.

El aire nuevo es garantizado por las UTANs, donde este es filtrado y su temperatura corregida, mientras que la extracción del aire es asegurada por los VE's. Las UTANs están localizadas en la azotea del edificio, al igual que los ventiladores de extracción, excepto el de la sala de reuniones del piso 0, que se encuentra instalado en el compartimento del mismo piso, de acuerdo con las plantas diseñadas. Las extracciones de aire son efectuadas por unidades de ventilación con ventiladores centrífugos, con transmisión por correas, previendo así que las extracciones sean independientes entre zonas sucias y limpias. Las salas y oficinas serán climatizadas con unidades interiores de aire acondicionado del tipo VRV.

La distribución del aire es realizada por redes de ductos en chapa galvanizada y difusores o rejillas equipados con registros de regulación de caudal, puertas de visita y demás elementos necesarios para el cumplimiento de las normas SMACNA. Las conductas de insuflación de aire tratado y de extracción de aire ambiente son aisladas térmicamente en su exterior, revestidas con forro mecánico de aluminio 0,8 mm.

De acuerdo con el RCCTE, el proyecto se ubica en la zona climática I3-V2, por lo cual se presentan las siguientes características de temperatura y humedad.

Cuadro 2.1: Condiciones exteriores del edificio AMTFNT

	Verano	Invierno
Temperatura	33°C	-3°C
Humedad relativa	35 %	85 %

Cuadro 2.2: Condiciones interiores del edificio AMTFNT

	Verano	Invierno
Temperatura	24°C±2	20°C±2
Humedad relativa	50 %±10	no controlada

## 2.2. Lar da Associação de Parada

Este proyecto pretende una solución de ventilación y climatización en el “Lar de idosos e serviço de apoio domiciliário S.A.D” ubicado en el consejo de Alfandega da Fé, distrito de Bragança. Se procura una solución que se adecue a la situación actual, tomando en cuenta la finalidad de las instalaciones, la ejecución técnica, el diseño arquitectónico y la facilidad de uso y mantenimiento, tal y como la ley lo permita.

El lugar será dotado de un sistema de calentamiento (sistema productor de agua caliente, caldera, colectores solares). Como unidades terminales de climatización fueron considerados radiadores, unidades de tratamiento de aire nuevo, ventiloconvectores y ventiladores de extracción. La unidad de tratamiento de aire será alimentada con agua caliente proveniente de las dos calderas.

Las redes aerúlicas de insuflación, retorno y extracción serán conforme a los planos diseñados, de manera tal que permitan una distribución hacia los espacios destinados uniformemente.

El edificio será dividido en dos zonas, una referente a la zona de cuartos y la otra perteneciente a la parte común del edificio. El sistema de administración técnica centralizada operará sobre todos los equipamientos previstos en el proyecto, de manera que se optimice la temperatura de confort y la economía energética, con la utilización de programación horaria.

Con el objetivo de reducir los gastos energéticos asociados al agua caliente de uso sanitario se previó la instalación de un sistema de aprovechamiento de energía solar. Este estará compuesto de ocho colectores solares conectados mediante una red hidráulica, bombas, termoacumulador y kit hidráulico.

La calefacción y el calentamiento del agua para uso sanitario serán realizados en una central térmica de calentamiento de agua por intermedio de dos calderas de pared. Esta central se encuentra localizada en la azotea, tal como fue previsto en los planos arquitectónicos.

Las calderas producirán agua caliente a 80°C, que a partir de los colectores de distribución de agua caliente, será distribuida a la subestación de calentamiento de agua para uso sanitario, a la unidad de tratamiento de aire nuevo y a los radiadores. En la subestación se realizará la producción de agua caliente de uso sanitario, quedando instalados aquí también los grupos

de electrobombas de los diversos circuitos, de las calderas y de los grupos de distribución de agua caliente de uso sanitario y solar. Esta subestación de producción de agua caliente dispondrá de un depósito termoacumulador de 1000 L.

Las UTANs serán las encargadas del aire nuevo, a través de estas, el aire es filtrado y su temperatura corregida, de igual manera serán las responsables de la extracción del aire con el apoyo de los ventiladores de extracción, ubicados en las instalaciones sanitarias, previendo que las extracciones sean independientes entre las zonas sucias y las limpias. Tanto las UTANs como los VE serán ubicados en la azotea del edificio. Las instalaciones sanitarias y cuartos serán calentados mediante un sistema de radiadores.

La distribución del aire es realizada por redes de ductos en chapa galvanizada y difusores o rejillas equipados con registros de regulación de caudal, puertas de visita y demás elementos necesarios para el cumplimiento de las normas SMACNA. Las conductas de insuflación de aire tratado son aisladas termicamente en su exterior.

El proyecto se ubica, según lo dispuesto en el RCCTE, en la zona climática I3-V2, por lo cual las características de temperatura y humedad serán las mostradas en los cuadros 2.3 y 2.4.

Cuadro 2.3: Condiciones exteriores del edificio Lar da Associação de Parada

	Verano	Invierno
Temperatura	33 <sup>o</sup> C	-3 <sup>o</sup> C
Humedad relativa	35 %	85 %

Cuadro 2.4: Condiciones interiores del edificio Lar da Associação de Parada

	Verano	Invierno
Temperatura	24 <sup>o</sup> C±2	20 <sup>o</sup> C±2
Humedad relativa	50 %±10	no controlada

## 2.3. Centro Social y Cultural

Este proyecto pretende definir una solución de ventilación y climatización para aplicar en un asilo de ancianos y servicio de apoyo domiciliario. La ubicación y nombre del proyecto no serán mencionados en este reporte por secreto profesional de la empresa, por lo cual su nombre será delimitado a Centro Social y Cultural. No obstante, lo diseñado es conforme lo demandado por ley, de manera que cumpla el acoplamiento con la situación actual, tomando

en cuenta la finalidad de las instalaciones, la ejecución técnica, el diseño arquitectónico y la facilidad de uso y mantenimiento.

El calentamiento del lugar será llevado a cabo por un sistema productor de agua caliente, dos calderas y colectores solares. Como unidades terminales de climatización fueron considerados radiadores, unidades de tratamiento de aire nuevo, ventiloconvectores y ventiladores de extracción. Las calderas proveerán agua caliente para la alimentación de la unidad de tratamiento de aire.

Los sistemas de insuflación, retorno y extracción serán conforme a lo diseñado en planos, con el objetivo de conseguir una distribución uniforme del aire a lo largo de los espacios destinados.

La instalación contará con dos zonas, una referente a la zona de cuartos y la otra perteneciente a la parte común del edificio. El sistema de administración técnica centralizada ejercerá sobre todos los equipamientos presentes en el proyecto, y mediante la programación horaria, pretende optimizar la temperatura de confort y la economía energética.

Como medida de ahorro energético, se instalará un sistema de aprovechamiento de energía solar para el calentamiento de agua de uso sanitario. Este estará compuesto de ocho colectores solares conectados a una red hidráulica, bombas, termoacumulador y kit hidráulico.

Se dispondrá de una central térmica de calentamiento de agua, compuesta de dos calderas de pared, destinada al calentamiento de agua de uso sanitario y al sistema de calefacción. Dicha central tendrá como ubicación la azotea, según indicado en planos.

Se destinará agua caliente a 80<sup>o</sup>C al uso sanitario y a la alimentación de las UTANs y los radiadores. Esta será generada mediante calderas y distribuidas hacia la subestación de agua caliente de uso sanitario, donde se encuentran también las distintas electrobombas de cada circuito hidráulico, las calderas y demás elementos de este sistema de agua y el proveniente del sistema de colectores solares. Esta subestación está compuesta además de un depósito termoacumulador de 1000 L.

Las UTANs son las encargadas de filtrar el aire nuevo y corregir su temperatura, mientras que los ventiladores de extracción se encargan de extraer el aire desde las instalaciones sanitarias.

En la azotea del edificio se cuenta, según los planos de la obra, con el espacio para la ubicación de las UTANs y los VEs. Además se encuentran en esta, las unidades de ventilación centrífuga, encargadas de la extracción del aire, la cual se pretende realizar de manera independientes entre zonas sucias y limpias.

Los radiadores de agua se encargarán de la calefacción de las instalaciones sanitarias y los diferentes cuartos de la obra.

Para la distribución del aire nuevo se dispondrá de ductos de chapa galvanizada y difusores

o rejillas equipados con registro de caudal, puertas de visita y demás elementos que piden las normas SMACNA. Los ductos del sistema de insuflación de aire tratado son aislados térmicamente por su exterior.

Las condiciones exteriores e interiores del proyecto no serán reveladas tal y como se mencionó antes por secreto profesional, para no dar a conocer la zona donde esta se encuentra.

## 2.4. Lar da III Idade de Carvalhais

El proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais” tiene como propósito la búsqueda de una solución de ventilación y climatización para este asilo de ancianos ubicado en la aldea de Carvalhais del consejo de Mirandela perteneciente al distrito de Bragança. El objetivo es que esta solución se adecue a la situación presente y cumpla con la finalidad pretendida para la obra y posea facilidades de uso y mantenimiento, sin intervenir con el diseño arquitectónico, además de cumplir con las normativas según el RCCTE y el RSECE.

La obra será dividida en varias zonas respecto al tratamiento de aire en el interior, cada una de estas zonas cuenta con sus propias soluciones de acuerdo con los objetivos pretendidos.

El asilo será dotado de un sistema de aire acondicionado para las zonas comunes y un sistema de calentamiento compuesto por dos calderas y para reducir los gastos energéticos asociados al agua caliente de uso sanitario se previó la instalación de un sistema de aprovechamiento de energía solar. Este está compuesto de 16 colectores solares y está asociado a una red hidráulica, bombas, termoacumulador y un kit hidráulico.

Como unidades terminales de climatización fueron considerados radiadores, UTANs y VEs. Las unidades de tratamiento de aire serán alimentadas con agua fría y agua caliente proveniente de una bomba de calor, no obstante cuando la temperatura exterior fuese inferior a  $6^{\circ}\text{C}$ , el agua caliente provendrá de los colectores asociados a las calderas. Cuando la temperatura exterior se mantenga superior a  $6^{\circ}\text{C}$ , la bomba de calor se torna muy útil para el sistema.

El piso 1 estará dividido en 2 zonas. La segunda zona entra en funcionamiento únicamente cuando la primera está completamente llena. Este control será efectuado con un varedor de frecuencia incluido en la UTAN. El ventilador de extracción del piso variará la velocidad de la misma forma en conjunto con la UTAN referida.

Todos los equipamientos previstos en el proyecto son operados por el sistema de administración técnica centralizada, de esta manera se puede optimizar la temperatura de confort y la economía energética, con el uso de freecooling y programación horaria.

La calefacción y el calentamiento de agua estarán a cargo de la central térmica por intermedio de 2 calderas, una alimentada con gas y la otra con biomasa, específicamente con

pellets. Estas calderas producirán agua caliente a  $90^{\circ}\text{C}$ , la cual se distribuirá a la subestación de calentamiento de agua de uso sanitario, las UTANs y los radiadores. Esta central térmica se sitúa en la planta baja, tal y como fue previsto en los planos arquitectónicos, junto con el sistema de electrobombas de los diversos circuitos. Además está compuesta por dos depósitos termoacumuladores de 1000 y 2000 litros cada uno.

La producción de agua fría para la alimentación de las UTANs y los ventilosconvectores para el asilo se encomendó a la bomba de calor reversible. El agua enfriada a  $7^{\circ}\text{C}$  es distribuida hasta las UTANs.

Para la circulación del agua fría y caliente están previstos grupos de electrobombas primarios, colocados junto a los chillers y grupos secundarios para la circulación de agua entre la central y las unidades de tratamiento de aire.

Para la compensación del circuito de agua, de la central de producción de agua fría y de la central de producción de agua caliente, está prevista la alimentación de agua tratada adecuadamente de acuerdo con las características del agua local, y la instalación de un vaso de expansión adecuado a la central.

Las UTANs son las encargadas del filtrado del aire nuevo y la corrección de su temperatura. La extracción del aire es realizada por los VEs de las UTANs y por los VEs de las instalaciones sanitarias.

Las unidades de tratamiento de aire nuevo y la bomba de calor están localizadas en la azotea del edificio a igual que los ventiladores de extracción. Las baterías de enfriamiento y calentamiento de las UTANs son alimentadas con agua a  $7^{\circ}\text{C}$  y con agua a  $45^{\circ}\text{C}$  o  $90^{\circ}\text{C}$ , según sea la temperatura exterior.

La extracción del aire es efectuada por las unidades de ventilación centrífuga instalados en la azotea junto con las UTANs, separando las extracciones de zonas limpias y sucias. El calor del aire que es rechazado, es recuperado en las UTANs de la planta baja y del piso 1.

Las instalaciones sanitarias y los cuartos serán calentados con el uso de radiadores de agua.

La distribución de aire es realizada por redes de ductos en chapa galvanizada y difusores o rejillas equipados con registro de caudal, puertas de visita y demás elementos tal y como se especifica en las normas SMACNA. Los ductos de insuflación de aire tratado son aislados térmicamente en su exterior.

El proyecto se ubica, según lo dispuesto en el RCCTE, en la zona climática I3-V3, por lo cual las características de temperatura y humedad serán las mostradas en los cuadros 2.5 y 2.6.

Cuadro 2.5: Condiciones exteriores del edificio Lar da III Idade de Carvalhais

	Verano	Invierno
Temperatura	34°C	-3,5°C
Humedad relativa	35 %	85 %

Cuadro 2.6: Condiciones interiores del edificio Lar da III Idade de Carvalhais

	Verano	Invierno
Temperatura	24°C±2	20°C±2
Humedad relativa	50 %±10	no controlada

## Capítulo 3

# Desarrollo de proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua

El planteamiento en el presente capítulo constará de las labores realizadas en la empresa Mecatérmica durante el periodo indicado anteriormente. Debido a la condición de practicante, no existió la asignación de un proyecto en el cual se realizará el diseño en su totalidad, sino que a lo largo de este periodo se realizaron diferentes tareas de distintos proyectos, de tal forma que se contribuyera a las labores de la empresa y en la adquisición gradual de experiencia laboral en el campo de estudio de las energías renovables y la eficiencia energética.

Por esta misma razón, algunas tareas no fueron designadas en ninguno de los proyectos, por lo cual no se posee el conocimiento de todos y cada uno de los pasos en el diseño. Pero el objetivo de este documento es presentar una memoria de prácticas realizadas, no buscar información que se escape de lo realmente elaborado.

A pesar de no haberse trabajado un proyecto completo durante la práctica profesional, en este capítulo se expondrán parte de los pasos para desarrollar un proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua, tomando como ejemplo las labores realizadas en cada uno de los cuatro proyectos en los cuales se tuvo colaboración. Al ser proyectos distintos, los subsistemas en que se dividirá el proyecto tipo no necesariamente se acoplarán entre sí, sin embargo se tratará el sistema como un todo, para mantener un orden lógico ante un eventual proyecto a desarrollar y no simplemente mencionar datos sin nexo que puedan generar confusiones.

Como se propuso en un inicio en este documento, para evitar la repetición de información, se expondrá mediante un único proyecto ejemplo cada uno de los subsistemas pertenecientes al proyecto tipo. Para el caso del diseño de climatización se tratarán simultáneamente los proyectos de “Centro Social y Cultural” y “Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano” debido a que los sistemas planteados difieren entre sí. Mientras que el primero hace uso de un sistema de radiadores con base en agua, el segundo utiliza un sistema de VRVs

con base en gas refrigerante.

Para el proyecto “Lar da Associação de Parada” la participación fue más reducida, puesto que este consistió de un proyecto que la empresa estuvo trabajando con anterioridad, por lo cual solamente hacían falta detalles finales del proyecto, como fue el caso del cuadro eléctrico.

Finalmente, lo relativo a la ejecución de la obra será discutido a través del proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais”, en el cual tampoco se tuvo colaboración en el diseño de los diferentes sistemas puesto que el proyecto fue propuesto y adjudicado a la empresa con anterioridad al inicio de la práctica profesional. Sin embargo por esta misma razón, se pudo participar ampliamente de la puesta en marcha, a través de varias visitas a la obra, en la cual se pudo observar el progreso de la misma desde su inicio hasta su conclusión y apoyar al personal de la empresa en diferentes tareas, para tener una mayor comprensión del proyecto que solo mediante su diseño en oficinas no es tan simple percibir.

A continuación se tratarán cada una de los pasos en el desarrollo de un proyecto tipo de climatización y calentamiento de agua, tomando como referencia los proyectos mencionados, tal y como se muestra en la figura 1.3 de la pagina 3.

### **3.1. Sistemas de insuflación y extracción**

La climatización es un proceso de tratamiento del aire destinado a controlar simultáneamente la temperatura del mismo (tanto para adherir como para sustraer calor), la humedad (aumentar para ambientes secos, disminuir para ambientes húmedos), la calidad del aire (filtrado de olores, humos, dióxido de carbono, polvo, bacterias y otros contaminantes) y la distribución del aire (velocidad y turbulencia), de manera que se cumplan con las exigencias del espacio a climatizar.

Para alcanzar las especificaciones requeridas en el espacio a climatizar, el aire tratado consiste tanto del ya circulante en el sitio como del proveniente del intercambio con el exterior. Esta renovación del aire es uno de los factores más importantes para mantener una aceptable calidad de aire interior de un edificio.

Según el tipo de instalación que se desea climatizar, el tipo de sistema a implementar puede tener muchas variaciones. Una de estas características que puede influir en el diseño es la cantidad de ductos del sistema, este puede estar compuesto de dos ductos o de cuatro ductos. El cómo es elegida la cantidad, depende de las necesidades de cada uno de los espacios y las condiciones a las que está expuesto.

El sistema de cuatro ductos permite tanto el calentamiento como el enfriamiento en simultáneo, o sea, el sistema puede efectuar una acción en un sitio mientras que realiza la opuesta en otra parte del edificio. Usualmente este tipo de sistema es necesario cuando las

ganancias térmicas debido a la radiación solar directa en las diferentes salas son más elevadas a horas distintas. También puede ser necesario este sistema cuando las cargas térmicas son muy distintas, por ejemplo, en la presencia de salas de informática, que aun durante el invierno requieren de aire frío para compensar el calor aportado por los equipos.

A diferencia del caso anterior, los sistemas de dos ductos no permiten el calentar y enfriar al mismo momento, es decir, que la instalación es sometida a calentamiento o enfriamiento, ya sea en su totalidad o en ciertos espacios. Cuando es requerida una acción diferente (calentar o enfriar) que el resto del edificio, se debe instalar un sistema independiente que cubra dicha función.

Otro parámetro importante en el diseño del sistema de climatización, es la estrategia de circulación del aire. Este se ve influenciado por cada uno de los dos subsistemas que lo integran, el de insuflación y el de extracción, específicamente por la ubicación de cada uno de estos. Este factor es de gran importancia en el dimensionamiento, puesto que la distribución empleada, incide directamente en la eficiencia del sistema. Según este parámetro, la ventilación puede ser por desplazamiento o por mezcla.

Para el sistema por desplazamiento mostrado en la figura 3.1 se puede considerar una eficiencia de ventilación de 100 %. Esta técnica consiste en efectuar la insuflación a baja velocidad al nivel del suelo, mientras que la extracción se realiza en el techo. Mediante este arreglo se favorece el circuito natural del aire, en el cual el fluido de mayor temperatura sube y es finalmente extraído, por lo que el aire insuflado, obligatoriamente tiene que recorrer la totalidad del recinto antes de ser retirado.

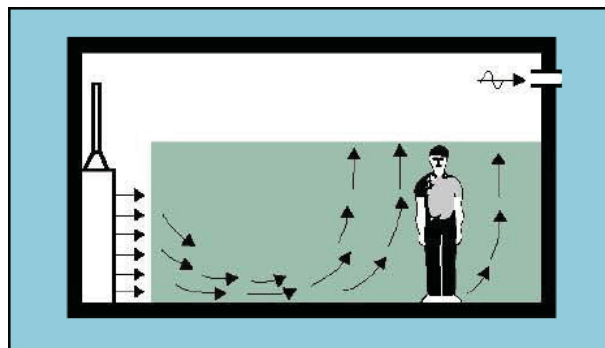


Figura 3.1: Ventilación por desplazamiento [13]

En el método por mezcla (figura 3.2) nunca se alcanza un 100 % de eficiencia, ya que siempre existe una porción del aire insuflado que no es aprovechado, puesto que a manera de cortocircuito, pasa directamente a ser extraído, sin remover los contaminantes del ambiente ni mezclar debidamente la temperatura de las masas de aire. Sin embargo, mediante esta técnica se logra, en el porcentaje que si logra mezclarse en el ambiente, una mayor uniformidad en

la temperatura. En este método usualmente tanto la insuflación como la extracción son efectuadas en el techo del recinto, razón por la cual, el aire puede pasar directamente de un lado al otro, sin realmente intervenir. Según sea el arreglo empleado en el diseño, este método admite diferentes eficiencias a considerar. Cuando ambas vías se encuentran a una corta distancia entre sí, la probabilidad de que el aire insuflado no sea aprovechado es mayor, por lo cual se considera una eficiencia del 60 %, mientras que si son aplicadas medidas para disminuir el riesgo de cortocircuito del aire, como colocar la entrada de aire lo más alejada de la salida del mismo o realizar la extracción en las zonas muertas del espacio, entonces la eficiencia se puede considerar al 80 %. Para casos intermedios se puede determinar al 70 %.

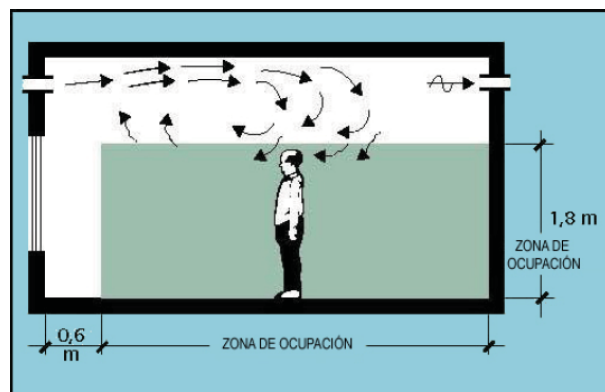


Figura 3.2: Ventilación por mezcla [13]

El RSECE demanda únicamente la inserción de aire nuevo en los espacios con ocupación permanente, tal es el caso de salas, auditorios, bares, cuartos, etc. Esto quiere decir que para lugares como vestuarios, corredores o instalaciones sanitarias, la ventilación puede llevarse a cabo por el aire que transita desde otros espacios con una calidad de aire adecuada. No obstante, esto no implica que no pueda ser incluido en el diseño de insuflación, si el proyectista así lo desea.

Similarmente, la ley no estipula la obligatoriedad de realizar extracción de aire en un edificio, sin embargo si demanda que el aire sea renovado según la aplicación que se le otorgará al espacio y para que dicha renovación del aire se realice no solo se debe insuflar aire sino que también se debe retirar. En el cuadro 3.1 se muestra el anexo VI del RSECE, el cual indica los caudales mínimos de aire nuevo según el tipo de actividad para el cual está destinado el espacio. Algunos de estos caudales están determinados por el área de ocupación, otros por la cantidad de ocupantes del espacio y otros por ambos factores. En el último caso, se debe diseñar respecto a la peor situación, es decir el caudal mayor, pues de esta manera se asegura que se cumple con ambos parámetros.

Cuadro 3.1: Caudales mínimos de aire nuevo (RSECE - ANEXO VI)

Tipo de Actividad		Caudales Mínimos	
		[m <sup>3</sup> /(h.ocup)]	[m <sup>3</sup> /(h. m <sup>2</sup> )]
Residencial	Salas de estar y cuartos	30	
	Salas de espera	30	
Comercial	Tiendas de comercio		5
	Áreas de almacenamiento		5
	Vestuarios		10
	Supermercados	30	5
Servicio de alimentación	Salas de alimentación	35	
	Cafeterías	35	35
	Bares, salas de cocktail	35	35
	Salas de preparación de alimentos	30	
Locales turísticos	Cuartos / Suites	30	
	Corredores y pasillos		5
Entretenimiento	Auditorio	30	
	Zona de palco, estudios	30	
	Café / Vestíbulo	35	35
	Piscinas		10
	Gimnasio	35	
Servicios	Oficinas	35	5
	Salas de conferencias	35	20
	Salas de reuniones	30	20
	Salas de dibujo	30	
	Consultorios médicos	35	
	Salas de recepción	30	15
	Salas de informática	30	
	Elevadores		15
Escuelas	Aulas	30	
	Laboratorios	35	
	Auditorios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitales	Cuartos	45	
	Áreas de recuperación	30	
	Áreas de terapia	30	

El criterio de diseño para el sistema de extracción se basa en el principio de diferencia de presiones debido a los flujos de entrada y salida de aire. Esta diferencia en el sistema provoca un flujo hacia o desde el exterior del espacio, de esta manera se alcanza un equilibrio. El objetivo de este diseño es que el flujo diferencial se desplace hacia dentro o hacia fuera según los requerimientos del sitio, principalmente para evitar la fuga o el ingreso de corrientes de aire de baja calidad.

En el diseño del proyecto “Centro Social y Cultural” fue implementado un sistema de dos ductos, debido a que al ser este un asilo de ancianos, no cuenta con zonas de especial trato que difieran del resto de la instalación, por lo que el sistema se encargará de realizar en todo el sitio y en todo momento solo una de las acciones, ya sea calentar o enfriar, según sean las necesidades.

Para la ventilación se utilizará un sistema de tipo mezcla, principalmente porque en el

sistema por desplazamiento, al insuflarse el aire desde el inferior del aposento, se puede causar el traslado de partículas de polvo y al consistir este proyecto de un asilo de ancianos, esta no presenta la mejor solución, aunque posea una mayor eficiencia en la renovación del aire. Sin embargo, para reducir las pérdidas en el sistema elegido, se ubicarán las rejillas de forma tal que la distancia entre ellas sea suficiente para que el efecto de cortocircuito del aire sea el menor posible. Por lo cual será considerada en el diseño de aire nuevo, una eficiencia del 80%.

En el cuadro 3.2 se presenta el cálculo del caudal de aire que se debe insuflar por cada sección del proyecto. Como se mencionó anteriormente, las zonas que no se pretenden mantener ocupadas no precisan de una entrada de aire directa, puesto que por las diferencias de presiones con las zonas aledañas, se tendrá la renovación de aire necesaria. Por esta razón algunos de los sitios de la obra no son considerados en esta tabla.

Cuadro 3.2: Aire a insuflar en cada espacio del centro social y cultural

Tipo de espacio	RSECE	Nº Ocup	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal ( $\frac{m^3}{h}$ )	C. Fin ( $\frac{m^3}{h}$ )
Pasillo	Corredores y pasillos	-	10,88	54,4	70
Oficina administrativa	Oficinas	2	12,04	70,0	90
Circulación común	Corredores y pasillos	-	33,84	169,2	215
Circulación común	Corredores y pasillos	-	46,00	230,0	290
Circulación común	Corredores y pasillos	-	28,82	144,1	185
Cuarto doble (x4)	Salas de estar y cuartos	2	16,00	60,0	75
Cuarto individual (x4)	Salas de estar y cuartos	1	10,06	30,0	40
Sala de estar	Salas de estar y cuartos	15	33,33	450,0	565
Instalaciones san. c/ ayuda	Áreas de terapia	2	10,07	60,0	75
Sala de estar	Salas de estar y cuartos	15	31,22	450,0	565
Sala de alimentación	Salas de alimentación	15	48,31	525,0	660
Almacén de prod. de limp.	Áreas de almacenamiento	-	1,85	9,3	30
Circulación de servicio	Corredores y pasillos	-	11,19	56,0	70
Cocina	Sala de prep. de alimentos	3	21,92	90,0	115
Almacén de alimentos	Áreas de almacenamiento	-	4,24	21,2	30
Despensa	Áreas de almacenamiento	-	7,44	37,2	50
Lavandería	Laboratorios	2	15,16	70,0	90
Circulación común	Corredores y pasillos	-	49,15	245,8	310
Sala de reuniones	Sala de conferencias	6	29,43	588,6	740
Oficina del director	Oficinas	1	19,54	97,7	125
Oficina de salud	Oficinas	2	12,11	70,0	90
Circulación de servicio	Corredores y pasillos	-	3,36	16,8	30
Sala de personal	Salas de estar y cuartos	4	13,64	120,0	150
Vestuario	Vestuarios	-	7,47	74,7	95

El cuadro 3.2 presenta seis columnas, de las cuales, las primeras dos indican el sitio del edificio y la categoría en la cual se ubica según el anexo VI del RSECE. Posteriormente se presentan los valores de área y de número de ocupantes, los cuales son determinados por el cliente y según estos se determinará el caudal necesario para dicho espacio. Tal y como se aprecia en el cuadro 3.2, existen 2 caudales: el primero es el caudal necesario para cumplir con

las necesidades del sitio, mientras que el segundo consiste en el caudal que se debe insuflar, considerando la eficiencia del 80 % debido al tipo de ventilación.

Para el diseño de extracción de aire, simplemente se van a considerar dos aspectos, ambos relacionados con la diferencia de presiones. A nivel general del edificio, el caudal insuflado deberá ser mayor que el caudal extraído, de esta manera el flujo diferencial entre el edificio y su exterior será en sentido hacia el segundo. Con esto se garantiza que el aire en el interior será siempre proveniente del sistema de insuflación y por ende adecuado a las necesidades del momento, puesto que en el caso contrario, con la simple apertura de una puerta, se provocaría el ingreso de aire frío cuando lo requerido es aire caliente, o viceversa. Además este flujo entre interior y exterior es permanente, debido a la existencia, aunque sea pequeña, de fisuras, rendijas, etc. Principalmente esta consideración es en términos de temperatura, puesto que obviamente el aire en el interior del edificio no puede ser más limpio que en el exterior, si este es tomado por las unidades de tratamiento de aire ubicadas en la azotea.

El segundo aspecto a considerar es la diferencia entre ambos caudales a nivel particular de cada zona donde la calidad del aire no es la deseada, sin embargo en este caso se desea lo contrario que el edificio completo como tal. En lugar de tener un sistema de alta presión que no permita el ingreso de aire de otras zonas, se busca obtener un sistema en depresión, ya que como en estas zonas el aire se ha expuesto a condiciones especiales que reducen su calidad, se desea que este no se traslade a otras zonas del edificio, principalmente porque puede ser aire con olores fuertes y/o desagradables. Para este asilo de ancianos se determinaron como sistemas en depresión, zonas como las instalaciones sanitarias, zonas relacionadas con alimentación y zona de lavandería. Mientras que para las zonas administrativas y oficinas se consideró un sistema de alta presión. Los caudales de extracción de aire para el proyecto mencionado se pueden apreciar en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3: Aire a extraer en cada espacio del centro social y cultural

Tipo do espaço	RSECE	Área ( $m^2$ )	C. final ( $\frac{m^3}{h}$ )
Oficina administrativa	Oficinas	12,04	80
Sala de estar	Salas de estar y cuartos	33,33	675
Instalaciones san. c/ ayuda	Áreas de terapia	10,07	250
Sala de estar	Salas de estar y cuartos	31,22	665
Sala de alimentación	Salas de alimentación	48,31	760
Dispensa	Áreas de almacenamiento	7,44	120
Lavandería	Laboratorios	15,16	620
Sala de reuniones	Sala de conferencias	29,43	720
Oficina del director	Oficinas	19,54	110
Oficina de salud	Oficinas	12,11	80
Sala de personal	Salas de estar y cuartos	13,64	140
Vestuario	Vestuarios	7,47	220
Instalación sanitaria	-	3,06	90
Instalación sanitaria (x2)	-	3,32	90
Instalación sanitaria (x2)	-	3,50	90
Instalación sanitaria (x8)	-	4,84	130
Instalación sanitaria	-	6,70	180

Una vez que se tienen tentativamente los valores de caudal de cada sistema, se debe considerar que el diseño general posea al menos una ligera superioridad en el aire insuflado sobre el extraído para garantizar que el flujo sea hacia el exterior. Luego del dimensionamiento inicial se realiza la suma de ambos caudales y en caso de haber una mayor extracción en el edificio se complementa con un incremento en el sistema de insuflación, el cual puede ser efectuado por ejemplo en pasillos u otras áreas que no son de presencia permanente. Para el caso específico de este asilo de ancianos, se obtuvo que el caudal de insuflación era de 5100 m<sup>3</sup>/h, mientras que el de extracción era de 6110 m<sup>3</sup>/h. Como no se cumplía la condición anteriormente citada, se procedió a incrementar el aire insuflado en los pasillos tal y como se muestra en el cuadro 3.4, alcanzando de esta manera un caudal total de 6400 m<sup>3</sup>/h que ya cumple con lo deseado.

Cuadro 3.4: Corrección de aire a insuflar en pasillos del centro social y cultural

Tipo do espaço	RSECE	Área ( $m^2$ )	C. Inic. ( $\frac{m^3}{h}$ )	C. Fin ( $\frac{m^3}{h}$ )
Circulación común	Corredores y pasillos	33,84	215	715
Circulación común	Corredores y pasillos	46,00	290	590
Circulación común	Corredores y pasillos	28,82	185	685

Anteriormente fueron diseñado los sistemas de insuflación y extracción como un todo, sin embargo, para efectos del proyecto del asilo de ancianos se separó la totalidad de la obra en dos zonas distintas: una zona de cuartos y otra zona para espacios comunes. Cada una de estas zonas está ligada a una unidad de tratamiento de aire. La razón principal por la cual está dividido de esta manera es por el horario de uso, ya que los cuartos pueden estar ocupados durante las 24 horas del día, mientras que las zonas comunes tienen horarios marcados de uso. Esta división de zonas, permite ejecutar medidas de racionalización de la energía de una manera efectiva, sin afectar a los ocupantes del edificio.

Otro factor que influye en la cantidad de zonas en que es dividido un sistema, es el uso al que se destinan los espacios. Cuando son reservados a alimentación o lavandería también se pueden considerar como zonas separadas. Para el diseño en este asilo de ancianos, estos espacios también pudieron ser separados según estos aspectos y ligados cada uno a una unidad de tratamiento de aire, sin embargo fueron conectados cada uno a un ventilador de extracción, puesto que para su tamaño estos eran suficientes para cubrir las necesidades.

Cabe notar que la extracción del aire de los baños siempre es realizada en circuitos aparte del resto de las zonas y efectuada mediante ventiladores de extracción. Esto se debe a que son zonas donde no se insufla aire y además el aire que se extrae posee contaminantes por lo que es imposible reutilizarlo, entonces no es necesaria una UTAN, a diferencia de otras zonas.

### 3.1.1. Elementos de los sistemas de insuflación y extracción

Anteriormente fueron determinados los caudales necesarios para cubrir las necesidades de la instalación (cuadros 3.2, 3.3 y 3.4), sin embargo estos sistemas están compuestos de varios elementos que también deben ser elegidos, dimensionados y ubicados de la mejor manera para así permitir que el sistema trabaje a plenitud y de una manera eficiente. Entre los diferentes elementos se pueden considerar UTAN, VE, ductos, rejillas, difusores, registros de caudal, registros cortafuego, puertas de visita y válvulas de extracción, los cuales se muestran a continuación.

### 3.1.1.1. Unidades de tratamiento de aire nuevo

Las unidades de tratamiento de aire nuevo (UTAN) elegidas son certificadas por la Eurovent, la cual garantiza que se cumplen las características termodinámicas de la norma EN13053 y las características mecánicas según la norma EN1886. La elección de la UTAN depende de la marca que sea seleccionada, según los caudales requeridos y las necesidades del aire en la instalación.

Para el caso del proyecto “Centro social y cultural” se diseñó el sistema de manera tal que solo la UTAN 2 tenía recuperación de aire extraído, esta estaba ligada a la zona de cuartos. Para la zona de espacios comunes se eligió una UTAN sin recuperación, puesto que en esta zona se encontraban las zonas de baños, lavandería y de alimentación, donde los olores pueden ser notorios y/o contaminados y en caso de una mezcla con el aire nuevo se puede insuflar aire con condiciones no idóneas. La extracción de estas secciones se dirige directamente al exterior de la instalación mediante los ventiladores de extracción, sin realimentarse al sistema.

### 3.1.1.2. Ventiladores de extracción

Como se mencionó anteriormente, los ventiladores de extracción se utilizan cuando el aire a extraer no se pretende reintegrar al sistema, como es en el caso de las UTAN que toman parte de este aire, lo filtran, lo combinan con aire nuevo y a esta combinación la adecuan a las necesidades. En el cuadro 3.5 se muestran los ventiladores empleados en el proyecto “Centro Social y Cultural” y las zonas que sirven.

Cuadro 3.5: Ventiladores de extracción en Centro Social y Cultural

Referencia	Localización	Caudal( $\frac{m^3}{h}$ )	Zona que sirve
VE1	Azotea	620	Lavanderia
VE2	Azotea	790	WCs piso 0 Oeste/sur
VE3	Azotea	890	WCs piso 0 Este
VE4	Azotea	880	Alimentación

### 3.1.1.3. Rejillas

Para asegurar la comodidad de los ocupantes en cada uno de los espacios se requiere que las rejillas cumplan ciertas características. Una de estas es que la velocidad del aire interior no exceda los 0,2 m/s, tal y como lo indica el n<sup>o</sup>1 del artículo 4<sup>o</sup> del D.L. 79/2006. La otra característica está relacionada con el ruido ocasionado por la rejilla en funcionamiento.

Para la elección de la rejilla existen tablas proporcionadas por los fabricantes mediante las cuales se pueden determinar las dimensiones adecuadas para cada caso. En la figura 3.3 se muestra una parte de una hoja de fabricante de rejillas de insuflación. En la primera columna se presentan valores de caudal con los cuales se pueden comparar los caudales que se desean insuflar. En la primera fila se muestran las dimensiones de longitud y altura que pueden ser encontradas en las rejillas para esta marca. Para cada valor de caudal, excepto en el primer caso, hay varias dimensiones de rejillas asociadas que pueden ser utilizadas, sin embargo cada una posee una potencia acústica distinta e incluso son divididas en tres grupos según esta característica, donde las primeras presentan un ruido fuerte, las segundas un ruido intermedio y las terceras un ruido bajo. Según la zona en que se esté implementando la rejilla así se debe elegir. Para el caso del asilo de ancianos se consideró el límite entre la categoría intermedia y la categoría baja, para así mantener estándares aceptables de ruido y su tamaño no afectar la estética del edificio.

Caudal (m³/h)	L x H	200	250	300	250	400	300	500	400	500	400	600
		x 100	x 100	x 100	x 150	x 100	x 150	x 100	x 150	x 150	x 200	x 150
	Ak (m²)	0,0088	0,0125	0,0152	0,0183	0,0190	0,0224	0,0248	0,0306	0,0387	0,0432	0,0453
160	X (m)	2,7										
	NR	22										
	Pt (Pa)	8										
180	X (m)	3	2,7									
	NR	25	20									
	Pt (Pa)	10	6									
200	X (m)	3,4	3									
	NR	27	22									
	Pt (Pa)	13	8									
250	X (m)	4,2	3,7	3,4	3,1							
	NR	33	28	24	20							
	Pt (Pa)	20	12	8	6							
300	X (m)	5,1	4,5	4,1	3,7	3,6	3,4					
	NR	37	32	28	25	24	21					
	Pt (Pa)	29	18	12	8	8	6					
350	X (m)	5,9	5,2	4,8	4,3	4,3	3,9	3,7				
	NR	41	36	32	29	28	25	23				
	Pt (Pa)	39	24	16	11	11	8	6				
400	X (m)				5	4,9	4,5	4,3	3,8			
	NR				32	31	28	26	22			
	Pt (Pa)				15	14	10	8	5			
450	X (m)				5,6	5,5	5	4,8	4,3			
	NR				35	34	31	29	25			
	Pt (Pa)				19	17	13	10	7			
500	X (m)				6,2	6,1	5,6	5,3	4,8	4,3	4	
	NR				37	36	33	31	27	23	20	
	Pt (Pa)				23	21	15	13	8	5	4	

NR < 25    NR 25 – 35    NR > 35    NR Indica: potencia acústica sin atenuación del local.

Figura 3.3: Sección de hoja de fabricante de rejillas de insuflación

La ubicación de las rejillas en cada recinto también cuenta con especial atención, ya que de al tratarse de un sistema de ventilación por mezcla diseñado con un 80 % de eficiencia, se debe procurar que la distancia entre las rejillas de insuflación y extracción sea la máxima posible, tal y como se muestra en la figura 3.4.

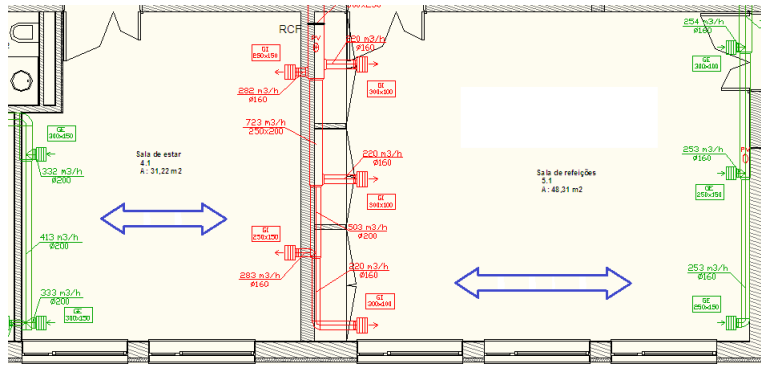


Figura 3.4: Ubicación apropiada de rejillas

Para zonas de gran tamaño, donde el caudal a insuflar o extraer es alto, se colocaron varias rejillas de un tamaño pequeño en lugar de una sola de un tamaño mucho mayor. Esta diferencia se puede apreciar en la sala de alimentación del asilo, en la cual se debía insuflar  $660 \text{ m}^3/\text{h}$ , pero se separó en tres rejillas capaces de insuflar una tercera parte, es decir  $220 \text{ m}^3/\text{h}$ . Para este nuevo caudal, se eligieron rejillas de  $300 \times 100$ , con un NR (potencia acústica) de 24. Si se hubiera puesto una única rejilla, para tener las mismas condiciones de caudal total y potencia acústica, las dimensiones tuvieron que haber sido de  $500 \times 200$ , lo cual representa más del triple del tamaño, afectando la estética del lugar y aún más importante, la distribución del aire en todo el espacio, que se logra realizar mejor mediante tres rejillas.

#### 3.1.1.4. Difusores

El objetivo de los difusores es igual al de las rejillas, sin embargo la funcionalidad del difusor se debe más que todo a su forma, la cual presenta varias ventajas, principalmente debido al efecto Coanda, el cual consiste en que una corriente de fluido adyacente a una superficie, tiende a ser atraída por la superficie, en este caso el techo. Esto se debe a que la presión alrededor de la corriente disminuye. En el caso del lado expuesto a la atmosfera la presión es restablecida por la atmosfera, mientras que del lado de la superficie no hay forma de restablecer la presión y por tanto el fluido es empujado hacia la superficie. La insuflación mediante este efecto, es la más eficaz para distribuir aire acondicionado, puesto que el chorro de aire va hacia el techo y a medida que desciende con suavidad se va mezclando con el aire de la sala. [13]

Otra razón por la cual el difusor permite una mejor insuflación se debe a que esta se realiza en cuatro direcciones, no solo una como el caso de las rejillas. Además no genera ruido excesivo ni puntos fríos o incomodidades.

Similarmente que con las rejillas, el fabricante proporciona hojas de datos que indican los posibles modelos de difusores según su caudal, dimensiones y ruido generado.

Finalmente la estética también presenta una de las ventajas del difusor sobre las rejillas, razón por la cual, son usualmente empleados en pasillos o salas de reuniones.

#### **3.1.1.5. Válvulas de extracción**

Las válvulas de extracción realizan la misma función que las rejillas, sin embargo estas son destinadas al uso de las instalaciones sanitarias, ya que su forma es más adecuada para la extracción de aire, puesto que captan aire de todas direcciones, lo cual es muy conveniente para una rápida extracción.

#### **3.1.1.6. Ductos**

El dimensionamiento de los ductos fue realizado mediante regla de cálculo, a partir del caudal que transitaba por dicha sección y seleccionando las longitudes en caso de ducto cuadrado, o el diámetro en caso de tubo cilíndrico, que mejor se ajustaba a lo requerido.

Los ductos pueden ser cuadrados o circulares, la elección depende de varios parámetros, sin embargo usualmente para pequeños caudales es usado el tubo cilíndrico, mientras que para mayores caudales es usado el ducto cuadrado. El tubo circular posee la ventaja de tener un precio menor, mientras que el ducto cuadrado tiene la capacidad de transportar mayor caudal, ya que por su forma presenta un diámetro hidráulico equivalente mayor, además se acomoda con mayor facilidad a la disponibilidad del espacio.

A la hora del diseño de los ductos, es importante considerar la ubicación de las entradas y salidas de aire, puesto que se debe procurar que las salidas de aire extraído no contaminen el mismo sistema u otros cercanos, además de asegurar que la entrada de aire nuevo sea lo más limpia posible. Por esta razón se debe localizar la extracción del aire a una altura superior de 1 m respecto a los edificios vecinos, en caso de aire normal, mientras que para aire contaminado o con olores fuertes debe ser de al menos 2 m. Otro parámetro a considerar es la dirección del viento, puesto que si no se toma en cuenta esto, el aire extraído puede ser readmitido al sistema como si fuera aire nuevo, debido a las corrientes de aire. Por tanto, la forma correcta de ubicar los ductos es tal y como se muestra en la figura 3.5, donde el viento pasa inicialmente por la entrada de aire nuevo y luego por la salida del aire ya utilizado, alejándolo del edificio.

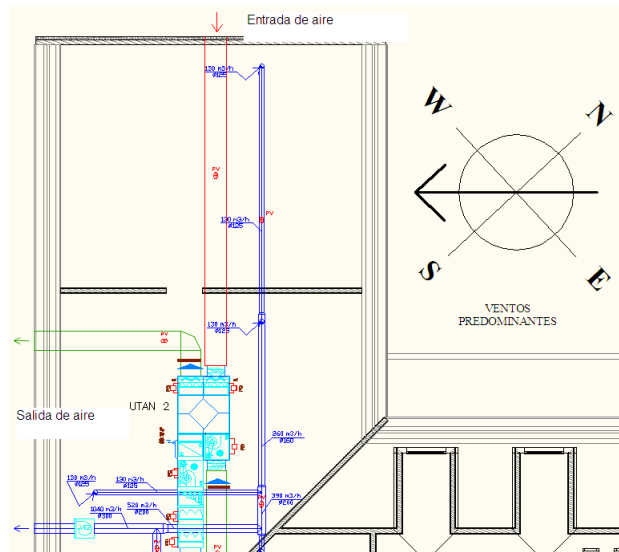


Figura 3.5: Ubicación adecuada de ductos en la azotea respecto dirección del viento

### 3.1.1.7. Registros de caudal

La función de los registros de caudal, es asegurar que cada sección reciba la misma cantidad de aire que fue destinada en su diseño, puesto que en caso de recibir mayor caudal quiere decir que esta diferencia se está reflejando en otro sector, en el cual no se estaría cumpliendo con las necesidades. El registro de caudal debe ser de forma tal que permita un adecuado sello cuando se mantiene cerrado y una reducida pérdida de carga cuando se mantiene abierto además de una adecuada regulación del aire.

La colocación de estos registros de caudal se da en dos situaciones. En la figura 3.6 se muestran ambos casos, tal y como fue diseñado en el proyecto “Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano”. El primer caso refleja su necesidad cuando hay un ducto proveniente de otro nivel, mientras que el segundo cuando se presentan bifurcaciones donde un ducto es menor que otro. Para estos casos es preciso colocar un registro que regule la cantidad de aire, puesto que la naturaleza del fluido es tomar el camino más sencillo, lo que puede generar una carencia de un lado y un exceso del otro.

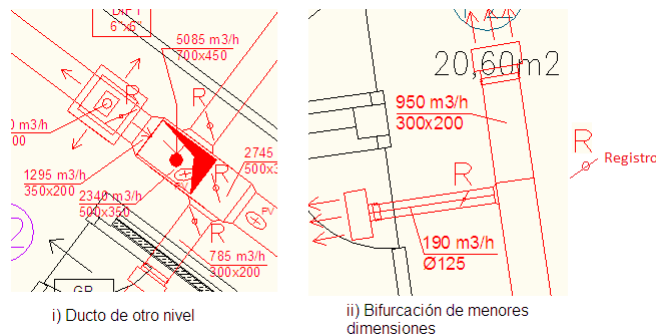


Figura 3.6: Ejemplo de colocación de registros de caudal en proyecto AMTFNT

### 3.1.1.8. Registros corta fuego

Tal y como lo indica su nombre, el objetivo de estos registros es detener la propagación del fuego por medio de los ductos de aire. Su resistencia al fuego debe ser al menos de dos horas sin ser sobrepasada la temperatura máxima admisible en el lado opuesto al fuego.

La ubicación de estos registros depende del diseño arquitectónico, puesto esto define las zonas que se pretenden sean cortafuego. También estos deben ser colocados cuando el ducto pasa de un piso a otro y tiene bifurcaciones hacia el otro piso, esto quiere decir que debe ponerse a menos que solo atravesase el piso para dirigirse hacia el exterior del edificio.

### 3.1.1.9. Puertas de visita

La puerta de visita consiste meramente en una abertura que se le realiza al ducto que luego es cubierta con una puerta con su respectivo sellado, facilitando de esta manera la revisión de posibles problemas dentro del ducto o simplemente para realizar algún tipo de medición. Por esto deben ser posicionadas siempre entre comunicaciones entre pisos, cuando hay cambios de dirección superiores a  $45^{\circ}$ , alteraciones en las dimensiones del ducto, a ambos lados de los registros cortafuego, unidades de recuperación, ventiladores y otros componentes. También cuando el ducto es recto, se debe instalar una puerta de visita entre cada 7,5 a 10 metros de ducto. Ante la existencia de una rejilla muy cercana al punto donde debería existir una puerta de visita, esta puede ser descartada, puesto que la rejilla permite cubrir su función. En la figura 3.7 se muestran algunos casos donde fueron ubicadas puertas de visita en el proyecto “Centro Social y Cultural”

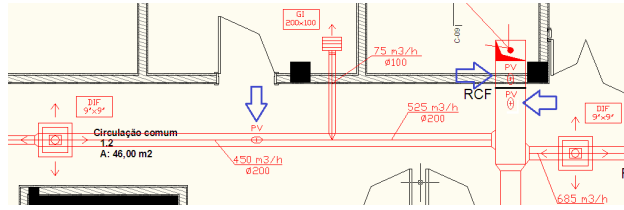


Figura 3.7: Ejemplo de colocación de puertas de visita en “Centro Social y Cultural”

El acceso a las puertas de visita es efectuado a través del cielorraso, el cual debe ser condicionado para su fácil revisión.

## 3.2. Sistema de calentamiento y enfriamiento

Antes de implementar una solución de este tipo se debe comenzar por conocer qué cantidad de calor hay que introducir o extraer del recinto a climatizar. Una vez definidas las zonas o sectores del edificio que se van a climatizar, se puede comenzar a evaluar el calor que se va a generar o se va a perder en los locales, es decir, el cálculo estimado de las cargas térmicas. Es importante prestar atención a estos cálculos, y no simplemente realizar aproximaciones como se hizo para los proyectos de “Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano” o “Centro Social y Cultural”, puesto que hay varios factores que pueden influir en la carga térmica y por tanto influir en el diseño final, reduciendo la eficiencia y/o satisfacción del sistema.

Los factores principales a tener en cuenta para cuantificar estas cargas térmicas son la radiación solar a través de ventanas, puertas u otros, la radiación y transmisión a través de paredes y techos, la transmisión a través de paredes no exteriores, las personas, cuyo calor desprendido depende de la actividad que estén desarrollando, la iluminación y maquinaria, de la cual parte de la energía consumida termina en forma de calor, y la ventilación, puesto que el aire renovado lleva una determinada carga calorífica.

A partir de estos parámetros y una serie de coeficientes es posible realizar un cálculo aproximado para calcular las cargas térmicas del edificio a climatizar. A partir de los distintos sistemas de climatización que existen en el mercado se elige aquel que sea compatible con las características del local a climatizar. Básicamente se elegirá el sistema cuya rentabilidad y funcionamiento sea óptimo.

Se debe decidir la potencia de las unidades colocadas, además de cerciorarse de que la potencia frigorífica-calorífica que pueden dar las unidades interiores sea siempre ligeramente superior al calor de las cargas térmicas calculadas para la zona en cuestión. De esta manera se asegura que aun en el caso más desfavorable, la máquina puede ofrecer las condiciones de

confort deseadas.

### 3.2.1. Sistema de VRVs

Las iniciales VRV significan “Volumen de Refrigerante Variable”. Estos sistemas tienen la capacidad de poder variar el caudal refrigerante aportado a las baterías de evaporación-condensación, controlando así más eficazmente las condiciones de temperatura de los locales a climatizar.

El sistema está compuesto por una o varias unidades exteriores que se encargan de distribuir el refrigerante a una serie de unidades interiores que se encargan de una zona específica a tratar. Esta unidad exterior comprime el refrigerante y a su vez condensa (cuando las unidades interiores producen frío) o evapora (cuando las unidades producen calor) tiene la función de comprimir el refrigerante y hacerlo circular por toda la instalación, el funcionamiento de esta unidad depende directamente de las unidades interiores. Tanto en la cantidad de caudal de refrigerante necesario para el funcionamiento del sistema, como en el control de toda la instalación del edificio. La unidad exterior absorbe el calor del aire aprovechando las características térmicas del refrigerante. [11]

El conjunto permite una independencia climática en cada sala climatizada. Cada unidad interior trabaja de forma independiente de las demás, solicitando la cantidad de refrigerante que necesite. Además la regulación de temperatura es proporcional. La cantidad de fluido refrigerante aumenta o disminuye proporcionalmente a la proximidad de la temperatura del local respecto del punto deseado.

Los sistemas VRV tienen la capacidad de controlar de manera precisa la temperatura de un local. Las variaciones respecto a la temperatura pretendida con sistemas de este tipo son mucho menores y suaves que en otros sistemas de acondicionamiento de aire.

Estos sistemas destacan por la facilidad en la instalación, además permiten grandes distancias entre unidades exteriores e interiores y también entre las mismas unidades interiores. Por ello son sistemas idóneos para climatizar edificios en su totalidad. Además el sistema de tuberías posee diámetros mucho menores que en otro tipo de soluciones, lo cual en términos de espacio es bastante ventajoso.

A diferencia de las instalaciones en las que el agua es el elemento transportador de la energía, no es necesario ningún otro medio mecánico para transportar la energía térmica que el propio compresor. Entre otras ventajas del sistema están el bajo consumo, disponibilidad de frío-calor, respuesta inmediata de confort, manipulación independiente de cada zona, no produce gases contaminantes, entre otras.

Como principal desventaja, este tipo de sistemas suponen un elevado coste inicial, razón por la cual hay que asegurarse de que la rentabilidad energética obtenida llegue a compensar

la inversión necesaria para instalarlos. Además se debe tener precaución de que el sistema no exceda los límites de frigorífico indicados por las normativas.

En el momento del diseño debe tomarse en cuenta la capacidad de los equipos utilizados, para el caso de los utilizados en el proyecto “Associação de Municípios da Terra Fria do Nordeste Transmontano” se tiene un límite de 165 metros en la unidad exterior y la ultima unidad interior, además la unidad exterior tiene un límite de 64 unidades interiores, además de un límite de potencia que puede soportar, por lo que en caso de una mayor potencia necesitada se puede realizar una combinación de unidades exteriores que logren cubrir con los requerimientos.

A partir de los valores de carga térmica para cada espacio del edificio se elige la unidad interior que fuera acorde y luego mediante el uso del programa LATS-Psy se obtienen las dimensiones de las tuberías y las unidades exteriores precisas, tal y como se aprecia en la figura 3.8.

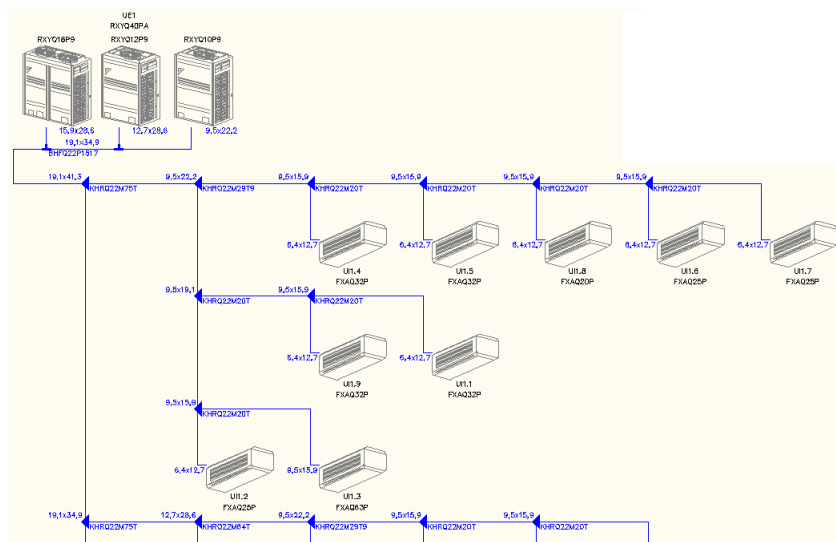


Figura 3.8: Sistema de VRVs de proyecto AMTFNT

### 3.2.2. Sistema de radiadores

Este sistema asocia la circulación de un fluido con un cuerpo de calefacción formado por elementos que ofrecen una superficie máxima de intercambio térmico. De esta forma, la producción de calor se reparte de manera agradable e ideal entre la convección y la radiación. Al ser un sistema basado en agua, posee la ventaja de producir un calor menos seco, lo que se refleja en una mayor satisfacción en los ocupantes.

A nivel de diseño, presentan la ventaja de que logran combinar estética y eficiencia, siendo una opción muy recomendable para aquellos usuarios que demandan una rápida respuesta

térmica de su sistema de calefacción.

Al ser un sistema basado en convección y radiación, la superficie total del radiador en contacto con el aire es de gran importancia, ya que cuanto mayor sea esta, menor deberá ser la temperatura del aparato. De no ser así, el bienestar estará limitado por una sensación de calor excesivo en la proximidad de la fuente, manchas en las paredes, además de riesgos de quemaduras. Por esta razón, cada elemento del radiador está determinado a cubrir cierta carga térmica, según definido por el fabricante, así en caso de necesitarse un mayor aporte energético simplemente se agregan más elementos. Similarmente, a nivel de diseño del proyectista, en casos donde se necesita de una gran térmica se pueden utilizar un conjunto de radiadores de manera distribuida para tener una mejor distribución del calor que con un único gran radiador, tal y como se muestra en la figura 3.9.

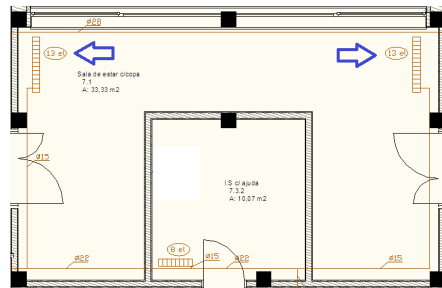


Figura 3.9: Diseño de radiadores en “Centro Social y Cultural”

Usualmente los radiadores son ubicados cerca de las ventanas, puesto que consisten en la parte más fría del recinto, así se logra minimizar la condensación y el desvío de la corriente de aire convectiva debido a ser el aire próximo a la ventana más pesado por estar a una menor temperatura.

Uno de los puntos negativos de los sistemas por radiadores de agua, es que presenta problemas con los puntos altos de una instalación, por lo cual deben ser elegidos cuidadosamente cada uno de los elementos adicionales, tales como bombas o purgadores. A pesar de ser un sistema compuesto de una mayor cantidad de elementos adicionales, supone una alternativa más económica, que además puede ser complementada con sistemas eficientes y renovables tales como colectores solares o calderas de biomasa, para el calentamiento del agua.

En el cuadro 3.6 perteneciente al proyecto “Centro Social y Cultural” se presentan los radiadores elegidos para cubrir las demandas de la obra. Se puede observar cómo según la cantidad de elementos del radiador se incrementa su capacidad para transmitir calor y por ende también la capacidad de líquido que puede contener y sus dimensiones.

Cuadro 3.6: Radiadores seleccionados en “Centro Social y Cultural”

Nº elementos	Cap calorífica $\left(\frac{Kcal}{h}\right)$	Capacidad (L)	Dimensiones	Cant. Rad.
3	401	1,5	771x240x82	5
4	535	2,0	771x320x82	6
5	669	2,5	771x400x82	5
6	803	3,0	771x480x82	1
7	936	3,5	771x560x82	1
8	1.070	4,0	771x640x82	5
9	1.204	4,5	771x720x82	2
11	1.471	5,5	771x880x82	7
12	1.605	6,0	771x960x82	4
13	1.739	6,5	771x1040x82	3
15	2.006	7,5	771x1200x82	2

Como se mencionó al inicio de este capítulo, son muchas las consideraciones que se deben tomar en cuenta para determinar la carga térmica de una zona. Estas pueden influir en la cantidad de elementos del radiador, aun en zonas que a simple vista parezcan de similares características. En la figura 3.10 se muestra un ejemplo, donde para dos instalaciones sanitarias de mismas dimensiones, se diseña una cantidad diferente de elementos debido a que una de ellas tiene contacto con el exterior por medio de la pared.

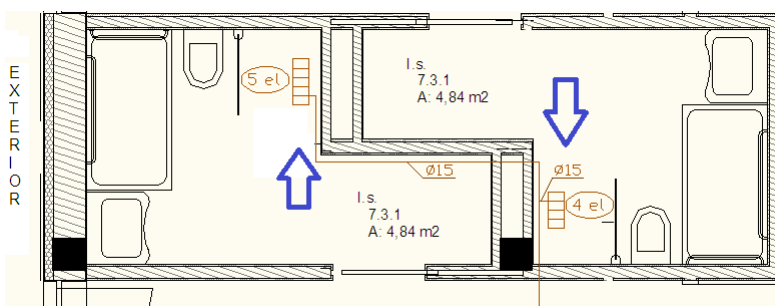


Figura 3.10: Influencia de cercanía con el exterior en la carga térmica y el diseño respectivo

### 3.2.3. Ventilconvectores

Los ventilconvectores son pequeñas unidades de tratamiento del aire, destinadas a filtrar y enfriar o calentar las condiciones ambientales, facilitando la recirculación del aire tratado. Estas unidades logran un resultado de manera más rápido debido a que poseen un ventilador,

sin embargo se debe tomar en cuenta en su diseño que esta misma característica puede generar el levantamiento de polvo u otras partículas que puedan afectar el confort o bienestar de los ocupantes.

### 3.3. Calderas

Según el artículo nº32 del RSECE DL 79/2006 del 4 de abril, son de consideración prioritaria obligatoria, en los edificios nuevos y en las grandes rehabilitaciones, los sistemas de energías alternativas tales como sistemas de colectores solares planos para producción de aguas calientes de uso sanitario, sistemas de aprovechamiento de biomasa o residuos, cuando se encuentren disponibles, sistemas autónomos, combinando solar térmico, solar fotovoltaico, eólico, etc., en lugares distantes de la red eléctrica pública.

Las calderas pueden ser parte del sistema principal o simplemente trabajar como reserva en caso de falla o de un incremento en la demanda energética. A pesar de tenerse una caldera a biomasa que es considerada un tipo aprovechamiento renovable, es recomendable tenerla como sistema de reserva si se tiene un sistema solar, puesto que es un desperdicio tener como reserva este último en días soleados, mientras se utilizan recursos en la caldera.

En el proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais” fueron instaladas dos calderas de 95 kW, una con base en gas y otra en pellets. La caldera a gas, a pesar de no ser a partir de fuentes renovables, tiene la ventaja de poseer un efecto más instantáneo, por lo que puede proporcionar más rápido la energía necesaria, lo cual la hace más efectiva que la caldera de biomasa en ocasiones de falla del sistema principal, para lo cual se precisa de una rápida acción. No obstante, la caldera de biomasa se torna más recomendable en casos de una mayor demanda, tal y como acontece en período de invierno, ya que aunque no es tan instantáneo su efecto como en el caso de la caldera a gas, el objetivo es un uso más continuo, donde una alternativa renovable es más recomendable.

### 3.4. Colectores solares

Los colectores solares usan la luz solar para almacenar energía calorífica para después ser utilizada, en general para el calentamiento de agua. Estos sistemas están compuestos por uno o más colectores solares que están conectados a un circuito que transporta la energía hasta el lugar donde será usada. Este calor es transferido por un fluido térmico, generalmente agua.

El calor resultante de la conversión térmica de la radiación solar es almacenado en un depósito de acumulación. La transferencia de calor entre el área de captación y el depósito es efectuada por un circuito hidráulico. La circulación del fluido por el colector puede ser

realizada a través de la utilización de una bomba circuladora. También existen los sistemas de termosifón, los cuales tienen una circulación natural con base en la diferencia de densidades, pero estos son usualmente empleados en pequeñas instalaciones, por lo que no fueron utilizados en ninguno de los proyectos trabajados.

Existen varios motivos para implementar sistemas solares térmicos, entre ellos el beneficio al medio ambiente al reducir el consumo de recursos como petróleo o carbón, independencia energética, menores facturas energéticas, mismo confort que con cualquier otro sistema e incremento en el valor de venta de las instalaciones. Este tipo de sistemas es muy favorable en países donde su posición geográfica presenta una disponibilidad de radiación solar elevada.

Para el correcto dimensionamiento de un sistema solar térmico es fundamental conocer varios parámetros, tales como el número de ocupantes de la instalación y el consumo destinado por cada uno de ellos, la temperatura del agua de la red, la inclinación de los colectores (usualmente la latitud del lugar es una buena aproximación, para el caso de Portugal se aproxima bastante a los  $45^{\circ}$  que son utilizados usualmente en los proyectos), el valor de irradiación diaria, la cantidad de horas útiles de sol, la temperatura ambiente, el rendimiento del colector y coeficiente de pérdidas dado por el fabricante, entre otros factores. De esta manera, es posible saber el área necesaria para cubrir las necesidades energéticas y a su vez determinar el número de colectores solares que se ocupan. Actualmente existen programas de cálculo, tales como F-Chart o Solterm, que toman en cuenta todos estos factores y simplifican el dimensionamiento del sistema además de mostrar su rendimiento a lo largo del año. Sin embargo, en los proyectos diseñados en la empresa Mecatérmica, al utilizarse el mismo tipo de panel y para zonas con características climáticas muy parecidas, lo que se suele realizar es una aproximación según la cantidad de personas que habiten el lugar.

A la hora de instalar el sistema es importante tener en consideración la manera en que estos son conectados, puesto que si es un sistema de varios colectores, si todos son ligados en serie se pueden tener problemas de temperatura muy elevada en los últimos colectores de la serie, provocando daños en los materiales y disminuyendo considerablemente su rendimiento. Por otro lado, al conectarse todos en paralelo se soluciona este problema, pero implica un sistema hidráulico mayor y por ende un costo más alto.

Una solución puede ser un arreglo que combine ambas técnicas, tal y como fue empleada en el proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais”. Para este caso se diseñó un sistema de 16 colectores solares, los cuales fueron conectados en cuatro circuitos paralelos, compuesto cada uno de cuatro colectores, que es justamente el límite máximo que admite la configuración. Este tipo de arreglo, al tener un circuito hidráulico de menores dimensiones presenta características como un bajo costo inicial, facilidad de instalación, alto rendimiento y una pérdida de carga baja.

Al momento de determinar la ubicación y orientación de los colectores es de gran importancia comprobar los espacios disponibles, puesto que si estos son ubicados cerca de alguna otra estructura o cuerpo que genere sombra sobre los mismos, la eficiencia del sistema se puede reducir parcial o totalmente en determinados momentos del día. Por otra parte, se debe tratar de orientar los colectores hacia el sur geográfico para el hemisferio norte, para lograr una mayor captación de la energía (ver figura 3.11). Sin embargo, en ocasiones puede ser preferible asumir un pequeño desvío relativo al sur, siempre y cuando no sobrepase los  $20^{\circ}$ , que realizar una complicada estructura de apoyo.

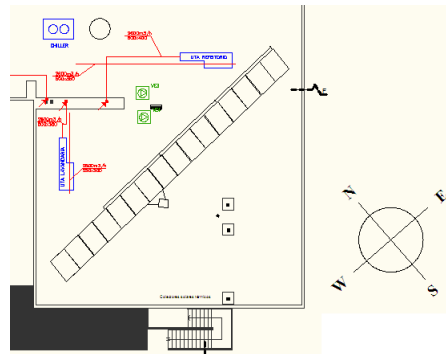


Figura 3.11: Orientación de colectores en “Lar da III Idade de Carvalhais”

Para que el sistema en conjunto trabaje con la mayor eficiencia, se debe prestar atención no solamente a los colectores, sino a cada uno de los elementos que lo compone. A pesar de que los colectores logren su cometido de absorber la energía, esto no es de utilidad si no se logra transmitir hasta el usuario final. Las bombas circuladoras deben ser dimensionadas de manera tal que sean capaces de transmitir el caudal exigido por el circuito, considerando las respectivas pérdidas de carga.

El circuito hidráulico encargado de esta transmisión se compone de tuberías de cobre, material técnicamente idóneo y económicamente competitivo. La tubería de cobre presenta características muy deseables como resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductilidad. Además, al entrar en contacto con el agua se recubre rápidamente de una fina película de óxido que le brinda protección.

La tubería debe tener en los tramos horizontales una ligera inclinación hacia arriba en dirección al purgador, aproximadamente 2 mm por cada metro de longitud. El objetivo es que el aire suba y sea extraído por el purgador, ya que la presencia de gases en el circuito puede dar lugar a la formación de burbujas que impidan la correcta circulación del agua, ya que la bomba no puede funcionar bajo estas circunstancias. Estos purgadores deben ser instalados en todos los puntos altos de la instalación. La función de estos purgadores es eliminar el aire en la fase final de llenado de agua y arranque del sistema. Después de esta fase las válvulas

que se encuentran antes del purgador deben ser cerradas, de lo contrario puede dejar salir el fluido térmico en forma de vapor. Válvulas tipo on/off son también instaladas entre los arreglos de colectores, en caso de que sea necesario extraer alguna de las partes.

Debido al carácter diario del recurso solar se torna imprescindible la utilización de un equipo para la acumulación de la energía recogida a lo largo del día. Esta función pertenece a los depósitos acumuladores que además del volumen adecuado a las necesidades, debe tener pérdidas de carga reducidas, una temperatura de utilización adecuada, rápida respuesta al consumo, bajo costo, larga duración y de uso seguro. Sin embargo para ciertas alturas del año, la radiación no es suficiente para cubrir las necesidades diarias, por lo que es necesario el apoyo de un sistema de reserva que asegure la demanda no cubierta por el sistema solar, tal es el caso de las calderas de respaldo en el proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais”.

### 3.5. Cuadro eléctrico

El diseño del cuadro eléctrico consiste en el planteamiento de las conexiones eléctricas de cada uno de los equipos del sistema. Consiste básicamente de tres etapas de diseño. En la etapa inicial se trata puramente la conexión de cada uno de los equipos, es decir los circuitos ramales del cuadro eléctrica, indicando la manera en que los equipos serán colocados. Como se muestra en la figura 3.12 perteneciente al proyecto “Lar da Associação de Parada”, cada equipo muestra la fase o las fases a las cuales se encuentra ligado, las corrientes de consumo y el tipo de cable de alimentación empleado. La manera en que son dispuestos cada uno de los equipos puede variar. Si se busca una mayor eficiencia energética, se debe procurar alcanzar un equilibrio de cargas entre las fases, colocando equipos de consumos similares por cada fase. Sin embargo, en la práctica y tal como se realizó en los diferentes proyectos trabajados, se da prioridad al orden de los circuitos ramales, es decir, colocar seguidos todos los componentes con la misma función, ya que de esta manera el acomodo es más simple para el usuario y además se simplifica la labor de cableado.

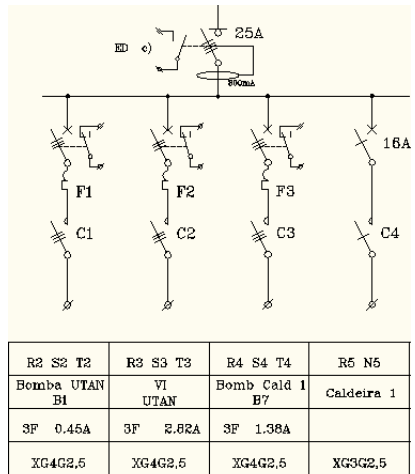


Figura 3.12: Diseño de circuitos ramales para cuadro eléctrico

La segunda sección del cuadro eléctrico consiste en los diagramas de control y protecciones. En esta parte se diseñan los elementos tales como disyuntores, fusibles, relés, bobinas y contactores para el control de cada uno de los equipos (ver figura 3.13). Mediante este control se pretende determinar el estado (si efectivamente está conectado), el funcionamiento (si está realizando la función encomendada o posee alguna limitación a pesar de estar conectado) y averías del sistema (mediante las cuales se pueden activar alarmas u otros equipos).

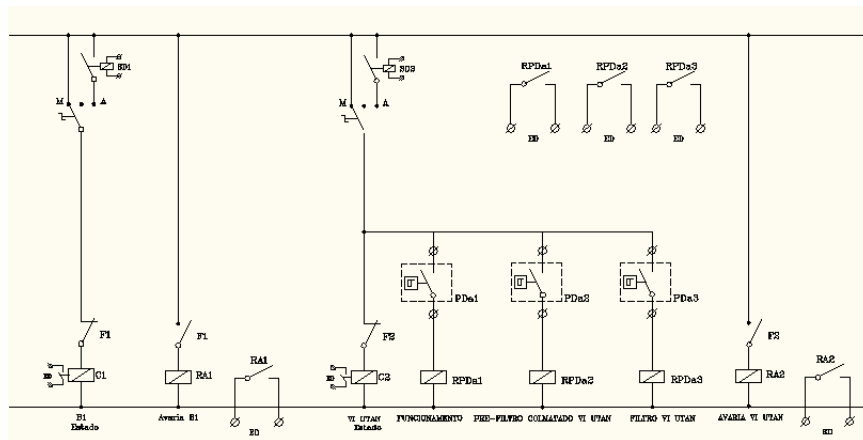


Figura 3.13: Diseño de control y protecciones para cuadro eléctrico

Finalmente, el cuadro eléctrico se compone del diseño de interacción con el usuario. Esta radica en las indicaciones realizadas mediante luces que muestran el estado, funcionamiento o avería del sistema. En la figura 3.14 se muestra una sección de este diseño.

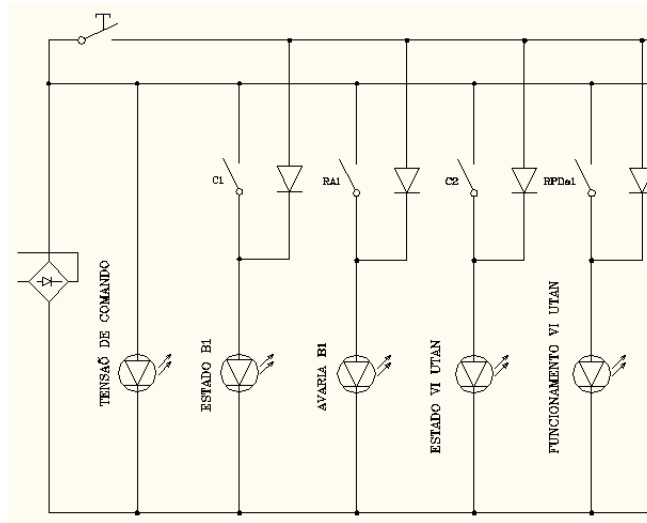


Figura 3.14: Diseño de interacción con el usuario para cuadro eléctrico

### 3.6. Ejecución del proyecto

Para alcanzar una buena comprensión de cualquier sistema es importante prestar atención a la instalación, ya que hay muchos detalles a tomar en cuenta que usualmente pasan desapercibidos en la etapa de diseño y no es hasta que el sistema se comienza a instalar o se pone en marcha que salen a relucir pequeños detalles.

También la labor de inspección por parte del ingeniero a cargo de la obra es trascendental, puesto que es quien conoce mejor el sistema y cada una de sus partes e incluso en muchas ocasiones puede evitar problemas posteriores al divisar algún error que pueda ser cometido por alguno de los obreros por desconocimiento del funcionamiento de los equipos o el sistema como tal.

El proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais” fue de gran ayuda en este sentido, puesto que se pudo participar en la instalación de este desde su inicio hasta su finalización. Las visitas fueron realizadas alrededor de dos o tres veces por semana, por lo que se pudo participar en una gran parte de las obras realizadas. Entre las distintas tareas realizadas estuvo la conexión de las UTANs y cada una de las partes que la componen, prestando especial atención a dejar bien sellada cada cámara y libre de residuos o polvo, puesto que de lo contrario serían transmitidos al resto del sistema en cuanto este se pusiera en marcha.

También se colaboró con la colocación de los diferentes ductos, rectangulares o circulares, pertenecientes a los sistemas de insuflación y extracción. Además, junto a las unidades y a los ventiladores se utilizaron juntas elásticas para conectar con los ductos, para imposibilitar de esta manera la transmisión de vibraciones de las máquinas a las conductas y estas a su vez

al edificio. En estos mismo ductos fueron colocadas rejillas anti-pájaro en todos los puntos de admisión de aire nuevo y extracción de aire interior, con el objetivo de evitar el ingreso de pájaros por medio de los ductos,

Se tuvo una amplia participación en la implementación del sistema solar térmico, inicialmente con la creación del soporte para los mismos, procurando la correcta orientación e inclinación. Posteriormente se realizó la instalación de los colectores y las respectivas conexiones entre los mismos, para finalmente unirlos mediante el sistema hidráulico de tuberías, procurando proporcionar una leve inclinación en sentido al purgador para asegurar la extracción del aire.

Parte de las labores realizadas fue la colocación de rejillas y difusores, en los cuales en ciertas ocasiones, fueron ejecutadas sus conexiones en material flexible apropiado para impedir la transmisión de vibraciones y ruidos, siempre y cuando estos ductos flexibles no sobrepasaran el metro de longitud. El uso de estos se limita a ligaciones terminales o eventualmente en locales de difícil montaje de derivaciones rígidas.

Para evitar pérdidas en la eficiencia del sistema, se colocó material aislante alrededor de las tuberías de cobre, que además sirve de protección contra quemaduras. Además se recubrieron el resto de tuberías con pintura anticorrosiva, para evitar el desgaste debido al ambiente y asegurar el funcionamiento de la instalación por mayor tiempo.

Se colaboró también con las conexiones de los equipos al cuadro eléctrico del sistema de climatización, tal y según especificado en el diseño.

Finalmente se procedió al levantamiento de la obra, revisando las posibles diferencias entre el diseño inicial y el resultado final obtenido en la instalación. Para esto se procedió a recorrer el edificio y comprobar la existencia de cada uno de los elementos, entre estos: rejillas, difusores, radiadores, puertas de visita, registros de caudal, registros corta fuego. Además de la ubicación de cada uno de los equipos, puesto que estos podían variar respecto al diseño inicial tal y como sucedió. Luego a partir de estos datos, se procedió a actualizar la información en planos para su posterior entrega al cliente junto con el plan de mantenimiento y demás documentos requeridos.

Según la experiencia en esta obra, se lograron percibir las diferentes contrariedades u obstáculos que pueden surgir en la ejecución de un proyecto. En ocasiones estas dificultades pueden deberse a la interacción con otras empresas que exija el cambio en la ubicación de algún elemento o simplemente el cambio en el diseño para facilitar la instalación o mejor la eficiencia del sistema. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la orientación de los colectores solares, los cuales fueron reubicados de manera tal que quedaran dirigidos en sentido al sur. Por otro lado, algunos difusores se tuvieron que cambiar de ubicación, puesto que en su lugar se encontraba una luminaria o algún elemento del sistema de protección contra incendios.

Lo anterior demuestra que no se puede limitar únicamente a la experiencia de diseño en oficina, puesto que en la implementación final surgen muchos altercados para los cuales se debe estar preparado y saber aportar soluciones rápidas e igual de eficientes.

A continuación se muestran algunas fotografías (figuras 3.15 a 3.26), que muestran parte de las instalaciones del proyecto “Lar da III Idade de Carvalhais” en el cual se colaboró.



Figura 3.15: UTANs piso 0 y piso 1



Figura 3.16: Ventiladores de extracción 1 y 2



Figura 3.17: UTAN piso 1 y ductos



Figura 3.18: Entrada de aire nuevo en UTAN piso 0



Figura 3.19: Construcción de base para colectores solares



Figura 3.20: Colocación de colectores solares



Figura 3.21: Conexión entre colectores



Figura 3.22: Colocación de aislante para tuberías



Figura 3.23: Estructura trasera de colectores solares



Figura 3.24: Sistema colectores solares



Figura 3.25: Bomba de calor y depósito acumulador



Figura 3.26: Vista amplia de azotea

## Capítulo 4

# Aplicación eficiente de sistemas de climatización y aprovechamiento solar en Costa Rica

En la actualidad por motivo de la crisis mundial a nivel económico, energético y medioambiental, el ahorro y la eficiencia energética emergen como las cartas principales desde el ámbito energético para solucionar estos retos. Mediante el ahorro de energía se consigue una reducción de costos, se retrasa el agotamiento de recursos fósiles y además se plantea esta como la alternativa con mayor potencial y rentabilidad en la reducción de las emisiones de  $CO_2$ .

Se debe tener en cuenta que el kilowatt-hora ahorrado siempre será más rentable que el kilowatt-hora producido. Sin embargo, esto no significa tampoco que se debe disminuir el consumo energético necesariamente, sino procurar por el uso eficiente de la energía, ya que de lo contrario se frena el crecimiento. La eficiencia consiste en alcanzar un mayor aprovechamiento de la energía, de forma tal que entre la fuente primaria y la energía útil, las pérdidas sean las menores posibles, desde la forma en que esta es captada hasta en los equipos utilizados.

La solución al problema energético no es únicamente aprovechar más las fuentes de energía, ya que al haber una mayor oferta también se ve incrementada la demanda, tal y como enuncia la paradoja de Jevons, sin lograr así ningún resultado. La eficiencia energética radica en el beneficio obtenido en relación a la fuente de energía, por ejemplo, si en una zona hay una alta radiación solar, un sistema de colectores resulta en una mejor opción que una caldera. Esta eficiencia radica en el estudio de los diferentes parámetros involucrados, ya que según estos el sistema a implementar puede variar, tal y como es el caso de los sistemas de climatización, donde no siempre un equipo o sistema es el más apropiado a las condiciones del espacio.

El ahorro energético es un asunto que debería ser de interés global si se desea solucionar los problemas energéticos, ambientales y económicos, en caso contrario se puede agravar

principalmente debido al gran crecimiento de las economías emergentes. Solo en el caso de América latina se tiene presupuestado para el año 2030 un incremento del 50 % de la demanda energética.

En Costa Rica, el consumo actual de energía eléctrica se ha incrementado notablemente, debido principalmente al crecimiento de los sectores productivos. De ahí la importancia de tener una mayor claridad respecto al panorama energético actual y futuro relativo al desarrollo del país. Además se debe considerar la meta propuesta de alcanzar ser un país carbono neutral para el año 2021, esto como celebración del bicentenario de vida independiente.

El Plan Nacional de Energía establece como objetivo general “asegurar el uso y abastecimiento de la energía en la calidad, cantidad y diversidad de fuentes, compatible con los objetivos del desarrollo sostenible de la sociedad costarricense”. En este, la relación entre la energía y el ambiente ha evolucionado hacia una concepción de desarrollo sostenible que busca cuatro principios fundamentales. El primero consiste en proveer suficientes fuentes de energía que aseguren disponibilidad, acceso y calidad de vida, con el menor impacto ambiental. Además, busca promover la eficiencia energética en la demanda mediante el ahorro y la conservación de la energía en los patrones de consumo. Insta además a proveer una oferta energética diversa y balanceada en fuentes renovables convencionales y no convencionales, de conformidad con el potencial energético del país. Finalmente, otorga al sector energía un rol estratégico en el desarrollo económico, en aquellos objetivos que buscan armonizar eficiencia y competitividad, con equidad social y democracia.

Sin embargo, a pesar de los avances mediante el Plan Nacional de Energía dirigidos a desregular el sector y abrir la competencia a agentes económicos privados en la generación de energía, el Estado costarricense no solo conserva su función reguladora sino que todavía sigue siendo el agente económico principal y líder en ese sector, o sea, el árbitro es jugador también.

Para un país que ha hecho del desarrollo sostenible una política de Estado, resulta paradójico, que la política energética no haya sido dirigida para hacer de esta uno de sus ejes estratégicos. Por el contrario, la política energética ha sido la fuente de muchas de las debilidades e inconsistencias que presenta la política ambiental y es común encontrar sectores productivos sin los respectivos reglamentos que regulen el desarrollo eficiente, en los cuales usualmente solo se sugiere seguir normativas pertenecientes a otros países. Además tampoco se brinda el apoyo para incentivar la investigación en estas áreas que permitan analizar qué tipo de tecnologías o métodos son más eficientes para las condiciones presentes en el país. Esto muestra la diferencia entre crecimiento y desarrollo que se vive en este sector.

A continuación se muestra un pequeño análisis del panorama actual de la climatización y el aprovechamiento solar térmico en Costa Rica, principalmente para la capital San José, debido

a que es un país con varios microclimas y las condiciones climáticas varían de provincia a provincia. El objetivo de este análisis es comparar con lo realizado en los diferentes proyectos en la zona norte de Portugal y vislumbrar las principales semejanzas o diferencias en los sistemas a implementar, según las características ambientales encontradas en la zona.

## 4.1. Sistemas de climatización

La vida moderna obliga a las personas a pasar aproximadamente el 90 % de su tiempo dentro de edificios cerrados, y el aire dentro de las casa y otros edificios puede estar más contaminado que el exterior. Ante la contaminación del aire en espacios cerrados se pueden originar o estimular una serie de enfermedades, las cuales en conjunto son definidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el “síndrome del edificio enfermo”. Por esto es necesario velar por la calidad del aire, y por la creación de una cultura cotidiana para evaluar y cuidar el aire de los ambientes cerrados en los que se desarrollan muchas de las actividades productivas del país.[14]

Sin embargo, la única función de la climatización no es la renovación y limpieza del aire interior, sino también brindar las condiciones térmicas que brinden confort a los ocupantes. Existe confort térmico cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frío, es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

El principal problema para alcanzar un estado de confort térmico es la carga subjetiva que la envuelve, ya que toma en consideración sensaciones, no obstante existen unas variables modificables que influyen en los intercambios térmicos entre las personas y el medio ambiente y que contribuyen a la sensación de confort. Entre algunas de estas variables se encuentran la temperatura del aire, la temperatura de las paredes y objetos alrededor, la humedad del aire, la actividad física, la vestimenta utilizada y la velocidad de circulación del aire.

Todas estas variables deben ser consideradas en el diseño de cualquier estructura, para disminuir el consumo en sistemas dedicados a climatización. Es por esta razón que se torna de gran importancia la intervención de la ley para fomento del diseño eficiente y seguro. Sin embargo, en el tema de la climatización o eficiencia energética, no existe en Costa Rica una legislación formal que se encargue de regular el área, sino que estas cuestiones obedecen a criterios de diseño o especificaciones del cliente.

No obstante, existe un instituto que dicta normas de acatamiento voluntario llamado INTECO (Instituto de normas técnicas de Costa Rica) y mediante el código INTE 31-08-08-97 establece los parámetros mínimos fundamentales para el diseño, operación, mantenimiento y evaluación de los sistemas de ventilación. Aun así, a nivel general lo que se aplica son las

recomendaciones de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), sin embargo al no ser normas propias del país no siempre considera la mejor solución, tal y como acontece con la arquitectura bioclimática.

La arquitectura bioclimática es una arquitectura adaptada al medio ambiente, busca lograr un gran nivel de confort térmico adaptando la geometría, orientación y construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno, mediante elementos y soluciones constructivas específicas que intentan minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental. Es una forma de adaptar la vivienda, utilizando tecnología convencional, sin aumentar los costes de ejecución, y aportando el valor añadido de materiales que no afecten la salud de los ocupantes ni del medio ambiente.

Para el diseño bioclimático de viviendas y edificios es necesario realizar un estudio preliminar que tenga en cuenta, por un lado, el conjunto de parámetros interiores que determinan la sensación de confort, y por otro, el conjunto de variables exteriores que inciden sobre la ubicación concreta y particular del edificio considerado, tales como características climáticas, topográficas, geológicas, etc. La principal dificultad del diseño bioclimático es que un mismo edificio tiene que dar una respuesta integral al acondicionamiento higrotérmico a lo largo de todo el año, considerando los cambios en las condiciones climáticas.

Una de las principales herramientas empleadas en los estudios bioclimáticos son los diagramas bioclimáticos, necesarios para evaluar el efecto combinado de los factores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del cuerpo humano y así saber qué tipo de estrategias deben tenerse en cuenta para proyectar un edificio. Consisten en diagramas psicrométricos que relacionan temperatura y humedad y con base en estos establecen las condiciones de confort térmico, uno de los más usados es el de Givoni.

La Carta Bioclimática de Givoni (ver figura 4.1) es un diagrama psicrométrico que se basa en el Índice de Tensión Térmica para delimitar la zona de bienestar, y su aplicación es muy adecuada en climas cálidos. Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior. Por supuesto, no es un diagrama que dé resultados exactos, puesto que cada individuo tiene su propio estado de confort, pero sí es una buena aproximación en términos generales.

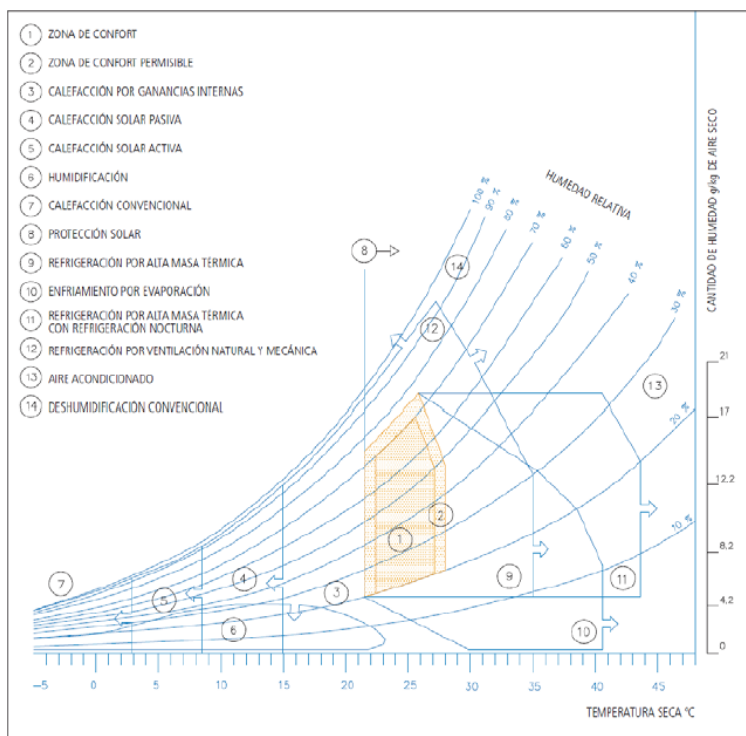


Figura 4.1: Carta bioclimática de Givoni [2]

En este diagrama se delimitan varias zonas cuyas características de temperatura y humedad indican la conveniencia de utilizar unas determinadas estrategias de diseño en la edificación. En aquellas zonas en las que se superponen distintas estrategias, se puede usar una, otra o la acción combinada del conjunto de las recomendadas. Por tanto, para definir qué estrategia es mejor emplear para el caso de San José, primero se deben conocer los datos climáticos promedio, los cuales se presentan en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1: Datos climáticos para la provincia de San José

Dato / Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec
Temperatura (°C)	22,9	23,6	24,7	25,5	26,1	26,1	25,5	25,8	26,3	25,3	24,0	23,1
Humedad R. (%)	84,3	83,5	84,5	84,7	83,3	80,9	78,8	77,1	76,8	82,5	85,7	85,7

Los datos climáticos para la provincia de San José muestran en promedio una temperatura moderada y una alta humedad relativa. Según el diagrama de Givoni mostrado en la figura 4.1, las características anteriormente citadas refieren a la zona 12, la cual indica que es posible alcanzar confort climático por medio de ventilación natural y/o mecánica, sustituyendo la necesidad del aire acondicionado. En ocasiones también la deshumidificación (zona 14) puede ser una opción que puede beneficiar a la instalación, principalmente cuando sube más la

temperatura.

Como se mencionó anteriormente, la ventilación puede ser mecánica o natural. La ventilación mecánica, se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobrepresiones en conductos de distribución de aire o áreas del edificio. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades manejadoras de aire u otros elementos accionados mecánicamente. La ventilación natural es la realizada mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobrepresiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

La deshumidificación es el proceso de retirar el vapor de agua contenida en el aire, es decir, la humedad. Existen diferentes procesos para remover la humedad del aire, estos son: por enfriamiento, hasta alcanzar una temperatura por debajo del punto de rocío, por el incremento de la presión total, lo cual causa la condensación, y por último poner en contacto un desecante con el aire, con lo cual, la humedad del aire migra hacia el desecante, impulsado por la diferencia en las presiones de vapor entre el aire y el desecante.

Paralelamente el CONICIT (Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas) sugiere una técnica para controlar la contaminación en espacios cerrados, que es la biorremediación. Las plantas, de manera muy natural, trabajan para cumplir con la función de limpiar los espacios, ya que cuentan con un mecanismo por medio del cual recogen cierta cantidad de partículas, las incorporan en su proceso metabólico y después la depositan. Algunos ejemplos de plantas (ver figura ) que trabajan para ayudar a la limpieza del aire y que son abundantes en Costa Rica son: los helechos, la “lengua de suegra” (*Melastomataceæ*), los *Philodendron* y los anturios (*Anthurium spp*), entre otros. [1]



Figura 4.2: Plantas aplicables en biorremediación

Como parte de las recomendaciones que se consideran prioritarias para controlar la contaminación del aire por este método, están identificar dónde se encuentran los focos de los contaminantes, posteriormente, seleccionar las plantas y mantener información sobre su toxicidad, renovar el aire interior y usar solo las necesarias, y, si es posible, eliminar la fuente de contaminación.

El objetivo de un edificio proyectado y construido con criterios bioclimáticos es el ahorro energético, pudiendo incluso llegar a ser autosuficiente energéticamente. Para ello se utilizan los recursos naturales del medio en donde se encuentra ubicado el edificio: aprovechamiento de la luz solar, climatización natural, ahorro de agua, aprovechamiento del agua de lluvia, implantación de sistemas para el ahorro energético, etc. A continuación se tratarán los sistemas solares térmicos como parte de las aplicaciones eficientes de la energía.

## 4.2. Sistemas solar térmicos

Según la Agencia Internacional de Energía, las energías renovables ascienden a casi el 29 % del suministro total de la energía primaria en los países de América Latina, cifra relativamente alta en comparación con la cuota del 5,7 % de energías renovables de los países de la OCDE. Dentro del sector predomina la energía hidroeléctrica con un 62 % de la cuota total de energías renovables.

Si bien los recursos son muy favorables, hasta ahora el obstáculo se ha encontrado en

la falta de voluntad política para la promoción de planes de inversión o las ayudas para el desarrollo de instalaciones, aunque las disposiciones actuales son proclives a dar un papel cada vez más importante a las energías renovables.

Un caso específico de aprovechamiento renovable es la energía solar térmica, la cual consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor. Las aplicaciones más extendidas de esta tecnología son el calentamiento de agua sanitaria (ACS), la calefacción por suelo radiante y el precalentamiento de agua para procesos industriales. Otras aplicaciones son el calentamiento de agua para piscinas cubiertas o a la intemperie y usos emergentes como el de climatización o frío solar alimentando a bombas de absorción.

Antes de aprovechar la energía solar en una localidad es muy importante conocer la cantidad de radiación solar en aquel lugar. En Costa Rica existen cerca de 80-100 estaciones meteorológicas distribuidas en todo su territorio, las cuales cuentan con equipos para medir la cantidad de radiación y brillo solar. La Universidad Nacional cuenta con los aparatos para medir Cantidad de Radiación Solar Global, Directa, Ultra Violeta etc. [12]

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) realizó, hasta 1981, los primeros estudios para determinar el potencial bruto en energía solar y diseñar el primer mapa de radiación solar del país. Este y otros estudios posteriores establecieron un potencial bruto total de radiación solar equivalente a 123 millones de barriles de petróleo o de 10000 MW, del que tan solo se aprovechan hoy en día menos de un 1 %.

Según el mapa solar desarrollado por la Dirección Sectorial de Energía en 1991, el 95 % del país tiene ventajas para el uso de energía solar para acumulación de calor y un 60 % enorme potencial en aplicaciones fotovoltaicas.

A pesar de ser Costa Rica un país con un alto porcentaje de su energía desarrollado por medio de recursos renovables, aún posee un alto potencial por ser explotado para cumplir con la creciente demanda de energía del país e incluso comerciar los sobrantes.

El potencial de la energía solar para convertirse en un importante competidor en el mercado de energía, requiere que el Estado costarricense cree el marco regulatorio adecuado y brinde los incentivos compensatorios necesarios, que le permitan la entrada en el nuevo mercado energético

A pesar de que en Costa Rica se ha apostado por el desarrollo de las energías renovables en los últimos años y la existencia de propuestas para aumentar este tipo de sistemas, la realidad es que los sistemas solar térmicos no han sido prácticamente explotados por diferentes razones, de las cuales el potencial solar no es una de ellas, ya que como se muestra en la figura 4.3, la radiación que se da en este país centroamericano no es despreciable.

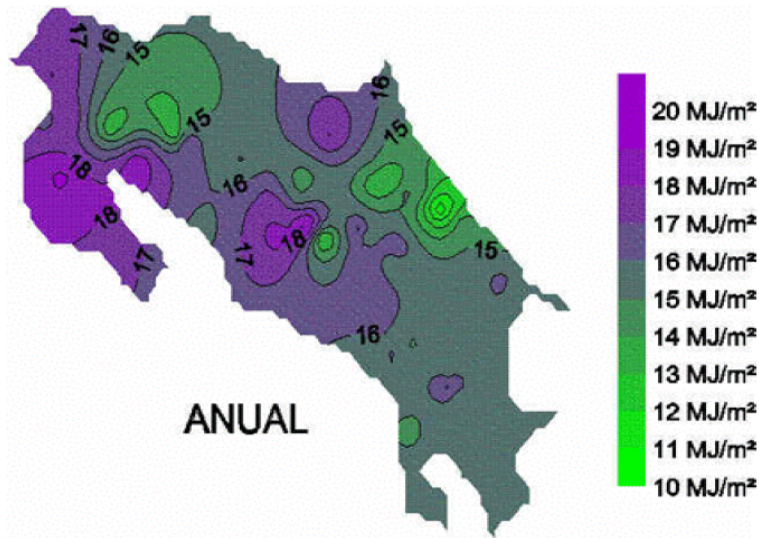


Figura 4.3: Promedios diarios media anual de la radiación solar global en Costa Rica [15]

A pesar de que Costa Rica hay montañas que cubren más de la mitad del territorio terrestre e influyen en cierto grado en la disminución de la intensidad solar, en ciertas horas del día (antes de las 9 y después de la 15) en las tierras más bajas; por su localización geográfica el país presenta un potencial alto de energía total. Como se muestra en la figura 4.3, los valores de radiación anuales son significativos, principalmente en la costa del pacífico norte del país, además se debe considerar que estos valores son anuales por lo que en la estación seca, este potencial es mayor y se puede tener un mayor provecho de la energía solar tal y como se realiza en latitudes mayores en la estación de verano.

La radiación solar tiene una variación mensual, en el caso de Costa Rica es en el orden de 25-30 % (máximo) con respecto al valor promedio, lo cual indica que no hace falta mucho grado de almacenamiento de energía del Sol. Es muy ventajoso tomando en cuenta el alto costo del almacenamiento de energía calórica o eléctrica.

Con el fin de obtener el máximo provecho energético anual, en Costa Rica, el ángulo promedio recomendado para un colector es cerca de 15 a 20° respecto a la horizontal durante todo el año, (hacia el Sur) excepto en el caso de sistemas pequeños, los cuales pueden orientar cada mes, diariamente o horario.

#### 4.2.1. Comparación de sistema solar térmico para las zonas de Bragança, Portugal y San José, Costa Rica

Se realizará un análisis comparativo de la zona de Bragança, Portugal, donde se ubica la empresa Mecatérmica, en la cual se realizó la práctica profesional; con la región central de Costa Rica, precisamente la capital San José, la cual fue seleccionada debido a la situación

económica en esta región, que permite tener un más fácil acceso a este tipo de sistemas para la familia común y además presenta también un alto potencial solar.

El análisis comparativo se realizará a lo largo de un año, ya que las condiciones climáticas difieren a lo largo de este y entre ambas localidades, y con esto el aprovechamiento energético y eficiencia de los colectores.

#### 4.2.1.1. Planteamiento del sistema

- Familia de cuatro integrantes.
- Consumo de agua de aproximadamente 40 L diarios por persona.
- Temperatura pretendida de 60°C.
- Temperatura del agua de la red tal como se muestra en el cuadro 4.2.
- Calor específico del agua:  $4,185 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$ .
- Latitud de Bragança: 41°84”.
- Latitud San José: 9°56”.
- Penalización por orientación: 0,96
- Factor de corrección de zona montañosa: 1,05
- Factor de sombreamiento: 1
- Factor correctivo de aprovechamiento: 0,94
- Número de horas útiles de sol según mostrado en cuadro 4.3.
- Temperatura ambiente mensual de acuerdo al cuadro 4.4.
- Rendimiento del colector: 0,71
- Coeficiente de pérdidas del colector: 3,3
- Factor de corrección por pérdidas en el arranque: 0,97
- Factor de corrección por suciedad y envejecimiento: 0,97
- Factor de corrección por pérdidas globales de instalación: 0,9

Cuadro 4.2: Temperatura del agua de la red

Mes	Temp agua red San José	Temp agua red Bragança
Enero	21,0	8,8
Febrero	21,0	9,3
Marzo	21,0	10,2
Abril	20,5	11,2
Mayo	20,5	13,2
Junio	20,5	15,2
Julio	20,0	16,7
Agosto	20,0	16,1
Setiembre	20,0	14,7
Octubre	20,5	12,6
Noviembre	20,5	10,1
Diciembre	20,5	8,5

Cuadro 4.3: Número de horas útiles de sol

Mes	Nº horas útiles de sol San José	Nº horas útiles de sol Bragança
Enero	9,5	8,0
Febrero	9,5	9,0
Marzo	9,5	9,0
Abril	9,5	9,5
Mayo	9,0	9,5
Junio	9,0	9,5
Julio	9,0	9,5
Agosto	8,5	9,5
Setiembre	8,5	9,0
Octubre	8,0	9,0
Noviembre	8,5	8,0
Diciembre	9,0	7,5

Cuadro 4.4: Temperatura ambiente mensual

Mes	Temp ambiente San José	Temp ambiente Bragança
Enero	22,9	5,0
Febrero	23,6	6,3
Marzo	24,7	8,8
Abril	25,5	10,8
Mayo	26,1	14,4
Junio	26,1	18,1
Julio	25,5	21,1
Agosto	25,8	20,7
Setiembre	26,3	17,9
Octubre	25,3	13,3
Noviembre	24,0	8,4
Diciembre	23,1	5,5

#### 4.2.1.2. Desarrollo del sistema

El primer factor que influye en una diferenciación de ambos sistemas es la temperatura del agua proveniente de la red, ya que entre mayor sea la diferencia con los 60°C que se desean alcanzar, mayor será la energía necesaria para obtener dicha temperatura, la cual además depende del volumen de agua y el calor específico del agua, que para el caso de estudio se considerará iguales para ambas localidades.

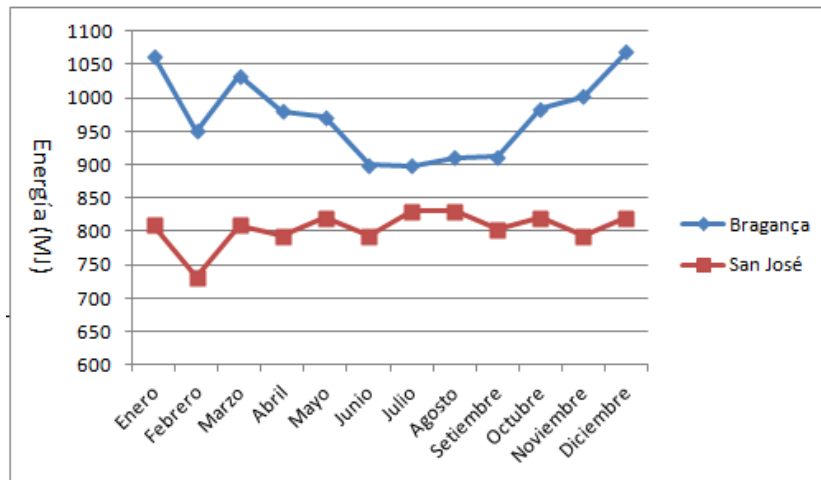


Figura 4.4: Energía (MJ) mensual necesaria para calentamiento de agua

Como se aprecia en la figura 4.4, la energía necesaria en Bragança para alcanzar la temperatura requerida excede en aproximadamente un 20 % la energía necesaria para el mismo

propósito en San José, lo cual se verá reflejado en el sistema que se desee diseñar.

Para el cálculo de la intensidad útil solar, se deben tomar en cuenta diferentes factores, tales como el factor de corrección de la zona (montañosa o urbana), factor de sombreadamiento, la orientación y el factor correctivo de aprovechamiento. Estos serán considerados iguales para ambos sitios para que de esta manera no influyan en el sistema. Por otra parte si se ve afectado por otros factores debido a poseer distintas latitudes, como es el caso del factor correctivo de inclinación y el número de horas útiles de sol, ya que mientras en Bragança se tienen días más largos en temporada de verano y días más cortos en temporada de invierno, para San José, la diferencia a lo largo del año es mucho menor. La intensidad útil solar para ambas ciudades se presenta en figura 4.5.

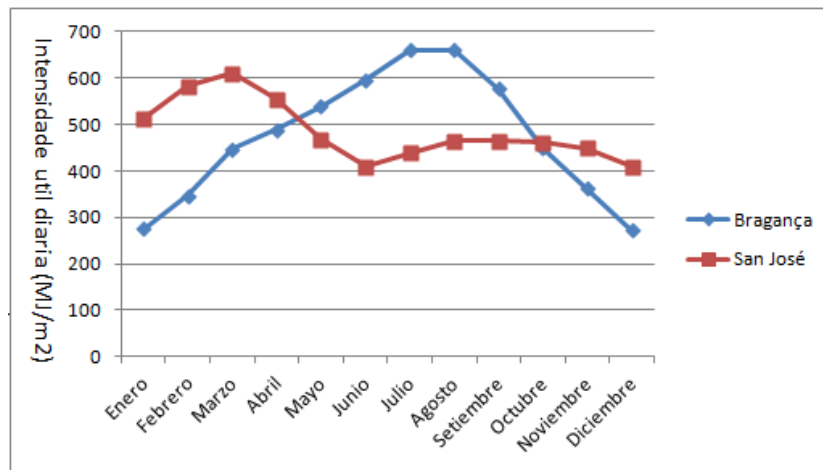


Figura 4.5: Intensidad útil diaria a lo largo del año ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )

De la figura 4.5 se observa que para el caso de Bragança en una latitud mayor ( $41^{\circ}46'$ ) que San José ( $9^{\circ}56'$ ), las diferencias a lo largo del año en la intensidad son mayores, ya que rondan los 400  $\text{MJ}/\text{m}^2$  entre el mayor y el menor valor, mientras que para el caso de San José se aproxima a los 200  $\text{MJ}/\text{m}^2$ . Esto permite que para el caso de San José, se tenga un sistema más constante, que a pesar de disminuir la intensidad útil en las estaciones más desfavorables, el sistema aún puede generar suficiente energía, lo cual no sucede para los meses de invierno para el caso de Bragança.

El rendimiento del colector seleccionado también se ve afectado por diferentes parámetros según donde se ubique, pero para el caso planteado se considera un colector en igualdad de condiciones (apartando diferencias fijas como la frecuencia), por lo que se tomará en cuenta para ambos sistemas, mismos valores de rendimiento de fábrica del colector, factor de corrección por pérdidas en el arranque, factor de suciedad y envejecimiento y el coeficiente de pérdidas dado por el fabricante, esto con el objetivo de hacer la comparación de las

dos ciudades mencionadas y no de dos sistemas distintos únicamente. Finalmente para este caso, el rendimiento real del colector va a ser influenciado por dos factores, la anteriormente analizada intensidad útil diaria y la temperatura del ambiente.

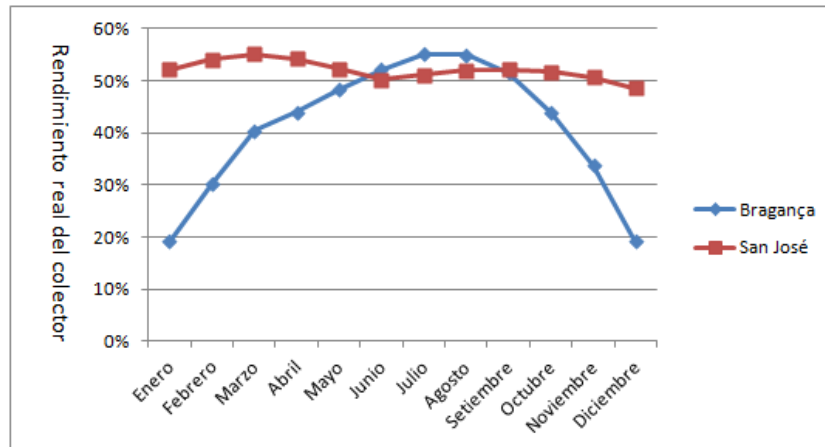


Figura 4.6: Rendimiento real del colector solar a lo largo del año

En la figura 4.6, se nota la diferencia debido a la ubicación, en el rendimiento del mismo colector ante diferentes valores de intensidad útil y temperatura del ambiente, donde para el caso de Bragança, para la estación de invierno la eficiencia decae incluso a menos de la mitad de la presentada en verano, mientras que para el caso de San José, las diferencias son apenas notorias entre los diferentes meses y con una eficiencia muy similar al verano brigantino.

La irradiación útil diaria y el rendimiento real del colector van a determinar la energía que será captada diariamente por unidad de área, esto abonado a las pérdidas globales de la instalación, sin embargo estas últimas serán consideradas iguales para ambos sistemas. En la figura 4.7 se presenta la energía que es captada diariamente por unidad de metro cuadrado para el colector seleccionado.

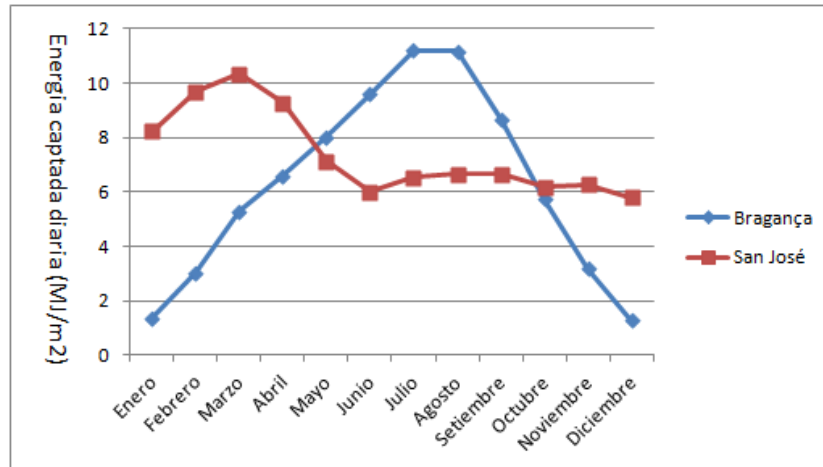


Figura 4.7: Energía diaria por unidad de area captada por el colector solar a lo largo del año ( $MJ/m^2$ )

El escenario mostrado es muy similar al analizado en anteriores ocasiones, ya que es una combinación de los parámetros anteriormente analizados, donde para el caso de Bragança, el invierno presenta la menor captación de energía, diferencia respecto al verano que es aún más desproporcionada ante el efecto de ambos factores. A diferencia de San José, que presenta alguna diferencia, sin embargo no tan representativa.

Finalmente, se tiene para ambos sistemas, la energía necesaria para alcanzar el valor de temperatura deseado y la energía que puede ser captada por unidad de área por el colector seleccionado, para cada uno de los meses del año. A partir de estos datos se puede entonces calcular la superficie colectora necesaria para cubrir la demanda energética en cada uno de los meses del año, y a su vez, con las dimensiones del colector anteriormente seleccionado ( $2,16m^2$ ), se puede calcular el número de colectores necesarios para alcanzar dicha demanda. Estos valores son presentados en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5: Número de colectores necesarios para captar la energía necesaria

Mes	Superficie colectora necesaria Bragança	Superficie colectora necesaria San José	Nº de colectores Bragança	Nº de colectores San José
Enero	25,00	3,18	12	1
Febrero	11,15	2,70	5	1
Marzo	6,32	2,53	3	1
Abril	4,95	2,86	2	1
Mayo	3,91	3,70	2	2
Junio	3,13	4,41	1	2
Julio	2,59	4,10	1	2
Agosto	2,63	4,02	1	2
Setiembre	3,50	4,02	2	2
Octubre	5,53	4,29	3	2
Noviembre	10,56	4,22	5	2
Diciembre	27,21	4,56	13	2

Una vez más se muestra para el caso de Bragança, como para los meses de invierno, los colectores pierden en gran medida su capacidad para cubrir con las necesidades energéticas, requiriendo de esta manera áreas muy extensas, medida que no es útil debido a que un incremento en el área colectora genera grandes desperdicios en los meses de verano, razón por la cual se suele dimensionar respecto a los meses más calientes. Para el sistema en San José, la superficie colectora necesaria no varía ampliamente para los distintos meses y como consecuencia, la diferencia en el número de colectores para cubrir la energía necesaria es de solamente un colector a lo largo del año.

En los cuadros 4.6 y 4.7, se muestran los escenarios en que los sistemas son provistos de uno y dos colectores respectivamente. Para ambos casos, es notoria a través de la fracción solar, la diferencia antes citada para Bragança según las estaciones, donde con un colector para el mes de Julio se alcanza casi el valor de energía requerido (83 %) mientras que para el mes de diciembre no se llega siquiera al 8 %. En San José las diferencias son menores, siendo el mayor porcentaje alcanzado 85 % y el menor 47 %. Para el caso de 2 colectores, en Bragança a pesar de sobrepasar en 5 meses el 100 % de la energía necesaria, aun para el mes de diciembre se tiene apenas 16 %, para el sistema en San José solo dos meses no superan el 100 % y además se alejan de este por aproximadamente el 5 %.

Cuadro 4.6: Energía captada y fracción solar para sistemas con un colector solar

Energía captada (MJ) Bragança	Fracción solar Bragança (%)	Energía captada (MJ) San José	Fracción solar San José (%)
91,84	8,64	550,21	67,97
184,09	19,37	585,92	80,13
353,31	34,18	691,77	85,45
427,83	43,64	599,91	75,61
536,45	55,22	478,25	58,33
621,39	69,05	388,68	48,98
749,46	83,38	437,36	52,67
747,05	81,98	445,59	53,67
562,18	61,64	431,81	53,74
384,49	39,08	416,13	50,39
205,11	20,46	406,21	51,19
84,86	7,94	388,10	47,33

Cuadro 4.7: Energía captada y fracción solar para sistemas con 2 colectores solares

Energía captada (MJ) Bragança	Fracción solar Bragança (%)	Energía captada (MJ) San José	Fracción solar San José (%)
183,67	17,28	1100,42	100,00
368,18	38,73	1171,84	100,00
706,61	68,36	1383,53	100,00
855,67	87,29	1199,83	100,00
1072,91	100,00	956,49	100,00
1242,78	100,00	777,35	97,97
1498,92	100,00	874,72	100,00
1494,10	100,00	891,19	100,00
1124,35	100,00	863,62	100,00
768,97	78,15	826,32	100,00
410,21	40,92	812,41	100,00
169,72	15,88	776,2	94,67

Se debe tomar en cuenta que la energía captada y la fracción solar son datos independientes, ya que el primero representa lo que puede ser producido, mientras que el segundo simboliza la energía necesaria que logra ser suplida con esta producción. Aún así el escenario sigue siendo más positivo para el sistema en San José, puesto que anualmente para el sistema con 1 colector, produce aproximadamente un 18 % más de los producido por el sistema brigantino, mientras que para el sistema con dos colectores este porcentaje pasa a ser 19 % si se toma en cuenta que para este segundo sistema, parte de la energía producida excede a la utilizable en algunos meses y por ende se desperdicia.

Esto quiere decir, que este tipo de sistemas puede ser muy beneficioso, además de económicamente, de manera ambiental, puesto que disminuye las emisiones de  $CO_2$  al ser un sistema bastante eficiente comparado inclusive con un sistema en Bragança, el cual ya de todos modos representa un beneficio ambiental.

### 4.2.2. Limitaciones de los sistemas solar térmicos en Costa Rica

Costa Rica tiene una infraestructura limitada para la implementación masiva de sistemas solares térmicos. Además las instalaciones de fontanería para agua caliente muchas veces son de calidad insuficiente por la falta de personal capacitado, ya que en la mayoría de las casas lo utilizado es la termoducha, la cual no requiere de tuberías especiales.

Sin embargo uno de los problemas principales en las tecnologías de energía solar es su alto costo inicial. La diferencia más significativa se nota al comparar sistema solar de uso doméstico y una termoducha. Los dos sistemas dan como producto final agua caliente, pero el costo inicial del sistema solar (\$1.200) es 40 veces más alto que el de la termoducha (\$30). También se puede comparar este sistema solar con un tanque eléctrico (50 galones). El costo inicial del primero anda cinco veces más alto que el segundo. El alto costo inicial provoca que los clientes potenciales sean en su mayoría familias de ingresos elevados, que con un mayor poder adquisitivo pueden realizar este tipo de inversiones.

No obstante, se debe ver este gasto inicial del sistema solar térmico como una inversión puesto que una vez instalado, los gastos debido a consumo energético se suprimen y únicamente se debe dar un ligero mantenimiento, mientras que para el caso de la termoducha, se debe considerar el gasto energético mensual. Por ejemplo, si se utiliza una termoducha de 4000 W en el caso de la misma familia de 5 miembros, si se supone al menos un consumo de 30 minutos diarios en total, esto equivale a un consumo energético mensual de 60 kWh. Si se considera que la tarifa de kWh consumido entre los 201 kWh y los 300 kWh (consumo promedio) es de \$0.25/kWh y además que se debe agregar un impuesto de 5% por impuesto de ventas y otro de \$0,0066 por kWh para destinar a alumbrado público, el gasto mensual ronda los \$16,15, es decir, \$193,75 de gasto energético anual por causa de la termoducha. Lo cual quiere decir que solo son necesarios poco más de 6 años para cubrir la inversión de un sistema solar térmico, respecto al gasto de la termoducha.

Además se debe considerar que la termoducha solo es empleada para calentar el agua durante la ducha, mientras que el sistema solar térmico puede brindar agua caliente a toda la casa. Un elemento más parecido es el tanque eléctrico, el cual también cumple esta función, sin embargo el consumo eléctrico es de más del doble que de la termoducha, por lo cual la inversión se recupera aún más rápido.

Para hoteles e industrias faltan más sistemas de referencias, de manera que los hoteleros puedan ver claramente las ventajas que presentan éstos frente a sistemas de agua caliente convencionales. En los últimos años se ha agregado una nueva clasificación para los hoteles que involucra el uso adecuado de la energía y el cuidado del ambiente, representado por el número de hojas que posee, como es el caso de las estrellas o los tenedores. De esta manera se incentiva un mayor interés en las grandes cadenas hoteleras para realizar inversiones en

un mejor aprovechamiento de la energía y demás recursos naturales.

# Capítulo 5

## Conclusiones

En la actualidad, en Costa Rica no existe un verdadero marco legal en el cual se exija el adecuado conjunto de técnicas que se adapten mejor a las condiciones del país en términos de climatización, esto debido a la poca investigación que se realiza para buscar las mejores soluciones, según las características que presenta el país, ya que actualmente simplemente se siguen las recomendaciones de la ASHRAE, la cual se adapta a las condiciones de Estados Unidos.

A pesar de tener Costa Rica como propósito llegar a ser un país carbono neutral para el 2021, año en que celebra su bicentenario, aún lleva un paso lento debido al poco apoyo político en incentivos y programas que motiven el desarrollo de energías limpias como es el caso de la energía solar térmica, la cual puede tener un gran aprovechamiento en el país puesto que sus características son favorables, incluso más que las encontradas en la zona de Bragança, donde existe un gran desarrollo de esta tecnología. Podría seguirse el ejemplo de las políticas portuguesas, las cuales exigen que en cada edificio nuevo construido sean empleados sistemas renovables de energía como los colectores solares para el calentamiento de agua de uso sanitario, tal como se pretende emplear en el nuevo Código Eléctrico Nacional.

La repartición de funciones en la empresa Mecatérmica entre la parte de diseño en oficina y puesta en marcha en las obras, permitió un buen acople en la comprensión del sistema. Además de mostrar como en ocasiones los diseños cambian por diversas circunstancias por lo cual se debe estar preparado para crear rápidas soluciones ante eventuales tomas rápidas de decisión.

Se debe ser cauteloso en el diseño de un proyecto, puesto que según las técnicas y materiales elegidos, la eficiencia del sistema puede ser muy diferente. Según las necesidades del edificio en conjunto con la legislación existente, se pueden elegir un método u otro de manera de alcanzar un equilibrio entre buen funcionamiento y un proyecto económico.

Existen métodos como la carta bioclimática de Givoni que ayudan a buscar una solución

más adecuada a las condiciones del lugar donde se desea climatizar. Mediante este método, se logró apreciar que las técnicas más eficientes para la zona de San José son la ventilación, ya sea mecánica o natural, y la deshumidificación.

La comparación de los sistemas solar térmicos ubicados en Bragança, Portugal y San José, Costa Rica, mostró que debido a las diferencias climáticas entre ambos, en San José el sistema es más efectivo, ya que mantiene una generación similar a lo largo del año, mientras que en Bragança, al tener veranos muy calientes e inviernos muy fríos, la diferencia entre ambos períodos es bastante amplia, razón por la cual, al elegir un sistema con 2 colectores, se logra cubrir satisfactoriamente el período de verano y la mayoría de la primavera, mientras que no acontece lo mismo para los períodos de otoño e invierno, donde es necesario tener un sistema de respaldo. En el caso de San José, se alcanza satisfactoriamente el 100 % de la energía pretendida para 10 de los meses del año y es únicamente para los meses de junio y diciembre que no cubre, sin embargo es solo una deficiencia del 5,33 % de la fracción solar, mientras que para el caso de Bragança, esta puede alcanzar hasta el 84,12 %.

El alto costo inicial representa una limitación para los costarricenses a la hora de emplear sistemas solar térmicos en casas, por lo cual usualmente optan por otros métodos para el calentamiento de agua como la termoducha, sin embargo para el caso de la termoducha se debe tomar en cuenta también el continuo gasto energético, el cual no acontece para el sistema solar térmico, el cual puede rondar los \$193,75 mensuales, que a un mediano plazo, representan un gasto mayor que el sistema solar térmico.

Una posible solución para incentivar el desarrollo de sistemas renovables de energía puede ser la implementación de sistemas de crédito, que brinden la oportunidad de pagar de manera gradual y así tener esta solución al alcance de un mayor sector de la población. Este método de pago es bastante aceptado en el país, ya que el golpe económico se percibe menos y además representa una solución para quienes el ahorro no es fácil.

Sería de gran importancia aplicar estas soluciones en el aparato estatal, ya que son muchas las instalaciones pertenecientes al estado que simbolizan un alto consumo energético y por ende un alto gasto económico y una alta emisión de dióxido de carbono que entorpecen el objetivo de alcanzar el estado de país carbono neutral. Además se pueden hacer convenios con las universidades estatales para que sean los mismos estudiantes, guiados por profesores tutores, quienes realicen estudios de viabilidad de estos proyectos, para luego poder ser aplicados. De esta manera no solo se busca disminuir el impacto ambiental y los gastos públicos, sino que además se incentiva el desarrollo de energías renovables en las nuevas generaciones de estudiantes para que además luego puedan desarrollar sus propias empresas en este campo.

# Bibliografía


- [1] Arias, S. Biorremediación: técnica para controlar la contaminación en espacios cerrados. Boletín de Ciencia y Tecnología – CONICIT. febrero, N. ° 91. Costa Rica. 2010. <http://www.conicit.go.cr>
- [2] ATECOS. Diseño Bioclimático. 2011. <http://www.atecos.es>
- [3] Canseco, M. Energías renovables en América Latina. 2010
- [4] Grupo ICE. Guía para calcular el consumo de electricidad. [http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect\\_hub/Ahorro de Electricidad/Residencial/](http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect_hub/Ahorro_de_Electricidad/Residencial/)
- [5] Instituto de Acueductos y Alcantarillados. <http://www.aya.go.cr/>
- [6] Instituto Meteorológico Nacional. <http://www.imn.ac.cr/>
- [7] INTECO. INTE-31-08-08-97: Ventilación de los lugares de trabajo. 2002
- [8] Linares, P. Eficiencia Energética y Medio ambiente. 2009.
- [9] Meisen, P. El Potencial de América Latina con Referencia a la Energía Renovable. Global Energy Network Institute. 2009
- [10] Ossenbach, M. Guillén, S. Coto, O. Guía para el desarrollo de proyectos de energía renovable en Costa Rica. 2010
- [11] Parcerisa J; Gas, I. Sistemas VRV para el acondicionamiento del aire. 2002
- [12] Shyam, N. Energía Solar: Conceptos Básicos y su Utilización. Laboratorio de Energía Solar, Departamento de Física, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2005
- [13] Torroja, E. Manual de Difusión de Aire. 2003
- [14] Venegas, E. Calidad de aire interior en edificios. Éxito Empresarial N° 128. 2010


- [15] Wright J. Mapas de radiación solar en Costa Rica. Departamento de Física, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. 2002

# Anexos



# Anexo A: Hoja de fabricante de rejillas de insuflación




**Rejillas > rejillas de impulsión**

**tabla de selección GAC 10 y GAC 20**

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	L x H	GAC 10/20																
		200 x 100	250 x 100	300 x 100	350 x 150	400 x 100	300 x 150	500 x 100	400 x 150	500 x 150	400 x 200	600 x 150	500 x 200	600 x 200	800 x 200	600 x 300	800 x 300	1 000 x 300
	Ak (m <sup>2</sup> )																	
160	X (m)	2,7																
	NR	22																
	PI (Pa)	8																
180	X (m)	3	2,7															
	NR	25	20															
	PI (Pa)	10	6															
200	X (m)	3,4	3															
	NR	27	22															
	PI (Pa)	13	8															
250	X (m)	4,2	3,7	3,4	3,1													
	NR	33	28	24	20													
	PI (Pa)	20	12	8	6													
300	X (m)	5,1	4,5	4,1	3,7	3,6	3,4											
	NR	37	32	28	25	24	21											
	PI (Pa)	29	18	12	8	8	6											
350	X (m)	5,9	5,2	4,8	4,3	4,3	3,9	3,7										
	NR	41	36	32	29	28	25	23										
	PI (Pa)	39	24	16	11	11	8	6										
400	X (m)				5	4,9	4,5	4,3	3,8									
	NR				32	31	28	26	22									
	PI (Pa)				15	14	10	8	5									
450	X (m)				5,6	5,5	5	4,8	4,3									
	NR				35	34	31	29	25									
	PI (Pa)				19	17	13	10	7									
500	X (m)				6,2	6,1	5,6	5,3	4,8	4,3	4							
	NR				37	36	33	31	27	23	20							
	PI (Pa)				23	21	15	13	8	5	4							
600	X (m)				7,4	7,3	6,7	6,4	5,7	5,1	4,8	4,7						
	NR				42	41	38	36	32	27	25	24						
	PI (Pa)				33	31	22	18	12	7	6	5						
700	X (m)				8,7	8,5	7,8	7,4	6,7	6,0	5,6	5,5	5					
	NR				45	45	41	39	35	31	29	28	24					
	PI (Pa)				45	42	30	25	16	10	8	7	5					
800	X (m)						9	8,5	7,7	6,8	6,4	6,3	5,7	5,3	4,6			
	NR						45	43	39	34	32	31	27	24	19			
	PI (Pa)						39	32	21	13	11	10	7	5	3			
900	X (m)							9,6	8,6	7,7	7,3	7,1	6,4	6	5,2			
	NR							46	41	37	35	34	30	27	22			
	PI (Pa)							41	27	17	13	12	8	6	4			
1 000	X (m)								10,6	9,6	8,5	8,1	7,9	7,2	6,6	5,8	5,4	
	NR								48	44	39	37	36	33	30	24	21	
	PI (Pa)								50,2	33	21	17	15	10	8	5	3	
1 200	X (m)												9,4	8,6	7,9	7,0	6,5	
	NR												41	37	34	29	26	
	PI (Pa)												22	15	11	7	5	
1 400	X (m)													11	10	9,3	8,1	7,5
	NR													45	41	38	33	30
	PI (Pa)													30	20	15	9	6
1 600	X (m)													12,6	11,5	10,6	9,3	8,6
	NR													48	44	41	36	33
	PI (Pa)													39	26	19	12	8
1 800	X (m)														12,9	11,9	10,5	9,7
	NR														47	44	39	36
	PI (Pa)														33	24	15	11
2 000	X (m)															14,3	13,2	11,6
	NR															49	46	41
	PI (Pa)															41	30	18
2 500	X (m)																14,5	13,4
	NR																47	44
	PI (Pa)																28	21
3 000	X (m)																	16,1
	NR																	48
	PI (Pa)																	30
3 500	X (m)																	
	NR																	16,1
	PI (Pa)																	46
4 000	X (m)																	
	NR																	18,4
	PI (Pa)																	28

NR < 25
NR 25 - 35
NR > 35

NR indica: potencia acústica sin atenuación del local.



# Anexo B: Hoja de fabricante de difusores



Difusores > difusores lineales



LAU 272 PF

tabla de selección LAU 272 PF														
Q		Dím.	575-3	575-4	875-3	575-5	875-4	1175-3	875-5	1475-3	1175-4	1175-5	1475-4	1475-5
(m³/h)	(l/s)													
80	22,2	dB(A) Pst (Pa)	<20 3											
100	27,8	dB(A) Pst (Pa)	<20 5	<20 3										
160	44,4	dB(A) Pst (Pa)	<20 14	<20 8	<20 6									
200	55,6	dB(A) Pst (Pa)	20 22	<20 12	<20 10	<20 8	<20 5	<20 5						
300	83,3	dB(A) Pst (Pa)	29 49	25 28	22 22	20 18	<20 12	<20 12	<20 8	<20 8	<20 7			
400	111,1	dB(A) Pst (Pa)	36 87	31 49	28 39	26 31	24 22	24 22	21 14	21 14	20 12	<20 8	<20 8	
500	138,9	dB(A) Pst (Pa)	41 136	36 77	33 61	31 49	29 34	29 34	26 22	26 22	25 19	22 12	22 12	<20 8
600	166,7	dB(A) Pst (Pa)		40 111	37 87	36 71	33 49	33 49	30 31	30 31	29 28	26 18	26 18	23 11
700	194,4	dB(A) Pst (Pa)			41 119	39 96	36 67	36 67	33 43	33 43	32 38	29 24	29 24	26 15
800	222,2	dB(A) Pst (Pa)					39 87	39 87	36 56	36 56	35 49	32 31	32 31	29 20
900	250,0	dB(A) Pst (Pa)					42 111	42 111	39 71	39 71	38 62	35 40	35 40	32 25
1000	277,8	dB(A) Pst (Pa)							41 87	41 87	40 77	37 49	37 49	34 31
1200	333,3	dB(A) Pst (Pa)							45 126	45 126	44 111	41 71	41 71	38 45
1400	388,9	dB(A) Pst (Pa)										45 96	45 96	42 62
1600	444,4	dB(A) Pst (Pa)										48 126	48 126	45 80
1800	500,0	dB(A) Pst (Pa)												47 102
2000	555,6	dB(A) Pst (Pa)												50 126

dB(A) < 30
dB(A) 30 - 40
dB(A) > 40
dB(A) indica: potencia acústica sin atenuación del local. El difusor ha sido testado con un filtro G3.

**accesorios**

► **Filtro Média**

- Eficacia G3.



