Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN
PROYECTO FINAL DE GRADO

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN EDIFICIO RESIDENCIAL PARA EL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO (CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN) Y PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).

Proyectista: VÍCTOR MANUEL MAZARIEGOS DÍAZ

Directora: INMACULADA RODRÍGUEZ CANTALAPIEDRA

Convocatoria: 2010-11

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto dar una respuesta integral a las exigencias de producción de ACS, y climatización para un edificio de apartamentos situado en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

Se analizara para tal objeto la situación del país en cuanto a iniciativas y políticas de apoyo o promoción para la aplicación de energías renovables.

Partiendo de un diagnostico de los requerimientos y demandas del proyecto se definirá un criterio de diseño y dimensionado, analizando los resultados de las demandas se intentara llegar a la solución que mejor cubra estas exigencias.

Un sistema con tecnología capaz de obtener el mayor provecho de una instalación solar térmica de captadores solares, procesa la energía obtenida a través del sol y la transforma en frio para cubrir las demandas de refrigeración en épocas de altas temperaturas, en épocas de temperaturas bajas utilizaremos esta misma energía para calefactar los ambientes, mientras que se produce durante todo el año ACS para las demandas del proyecto.

Los resultados del cálculo de las cargas térmicas de calefacción y refrigeración nos servirán para poder dimensionar el área de captadores solares que mejor se adapte a las demandas y exigencias del sistema integral y a la vez dimensionar el equipo seleccionado para dicho fin.

Al final del proyecto podremos verificar si este tipo de proyectos son viables y si además son aplicables a una latitud tan diferente a la europea. Los resultados de los ahorros energéticos se traducirán a ahorro en emisiones de CO2 y ahorro en la facturación de energía mensual del proyecto.

INDICE

Introducción

1 Generalidades

1.1 Ubicación del proyecto
1.2 Guatemala, datos generales
1.3 Estado actual de las energías Renovables en la región.
1.3.1 Situación actual de las energías renovables en Latinoamérica.
1.3.2 Sistemas de promoción
1.3.3 Las energías renovables en Guatemala, Centroamérica.
1.3.4 Organizaciones que apoyan el desarrollo de la energía renovable en el país.
1.4 Estado actual de la energía solar térmica en Guatemala, Centroamérica
1.4.1 Promoción de la energía solar térmica en la región.
1.5 Potencial solar de la latitud 14º
1.6 Coste de la energía eléctrica en la región.
1.6.1 Sistema nacional interconectado.
1.6.2 Sector regulado y no regulado
1.6.3 Contraste de precios a nivel internacional.

2 Descripción del proyecto

2.1 Distribución general de la edificación.
2.2 Soleamiento
2.3 Requerimientos/necesidades energéticas del proyecto.
2.3.1 Producción de ACS
2.3.2 Climatización de los apartamentos (planteamiento)

3 Solución propuesta

3.1 Elección de los sistemas de generación
3.2 Sistema integral
3.3 Descripción del sistema a utilizar
3.3.1 Tecnología “Frio Solar”
3.3.2 Beneficios del frio solar
3.3.3 Coberturas
3.3.4 Circuito de captación solar
3.3.5 Circuito de distribución
3.3.6 Circuito de disipación
3.3.7 Absorción de triple estado

4 Descripción del sistema a utilizar

4.1 Cálculo de demandas
4.2 Elección de los sistemas de distribución
4.3 Elección de los sistemas de generación para satisfacer las demandas

5 Calculo de demandas

5.1 Demanda de ACS

5.1.1 Demanda mensual de ACS
5.1.2 Estimación del consumo de agua caliente sanitaria prevista del edificio en litros/día
5.1.3 Calculo de las necesidades energéticas derivadas del consumo de agua caliente (kWh/año)
5.1.4 Determinación de la contribución solar mínima exigida en %
5.1.5 Calculo de la producción energética solar mínima exigida en kWh/año
5.2 Demanda de calefacción en épocas de frio
5.2.1 Carga térmica de transmisión de calor
5.2.2 Perdidas por transmisión sin suplementos
5.2.3 Suplementos por interrupción de servicio
5.2.4 Suplemento por orientación
5.2.5 Carga térmica de ventilación
5.2.6 Ganancia interna de calor
5.2.7 Cálculo
5.3 Demanda de climatización en épocas de calor
5.3.1 Cálculo de cargas térmicas de refrigeración
5.3.2 Balance térmico
5.3.3 Confort ambiental
5.3.4 Condiciones interiores del proyecto
5.3.5 Condiciones exteriores del proyecto
5.3.6 Radiación Solar
5.3.7 Determinación del calor debido a la radiación a través de ventanas
5.3.8 Transmisión de calor a través de las paredes exteriores
5.3.9 Infiltraciones
5.3.10 Ventilación
5.3.11 Cargas térmicas internas
5.3.12 Cálculo de las cargas totales
5.4 Resultados
5.4.1 ACS
5.4.2 Calefacción
5.4.3 Refrigeración
5.5 Análisis de resultados

6 Elección de los sistemas de generación y distribución

6.1 Sistemas de generación
6.1.1 Energía solar
6.1.2 Energía auxiliar
6.2 Sistemas de distribución
6.2.1 Suelo radiante

7 Dimensionado de los componentes principales del sistema
7.1 Calculo de colectores
7.1.1 Cálculo de la superficie de captación necesaria (ACS)
7.1.2 Cálculo de la superficie de captación necesaria (calefacción)
7.1.3 Cálculo de la superficie de captación necesaria
7.1.4 Cálculo global de la superficie de captación. ACS, Calefacción y Refrigeración.
7.1.5 El campo de captación
7.1.6 Selección de superficie de captación más adecuada.
7.1.7 Fracción de consumo energético que es satisfecha por la energía solar
7.2 Dimensionado del equipo ClimateWell

8 Estudio de impacto ambiental

8.1 Análisis de ahorros energéticos
8.2 Ahorro en el consumo mensual kWh/Quetzal.

9 Conclusiones, recomendaciones

10 Bibliografía

Anexos

ANEXO 1 Cálculo de cargas térmicas Refrigeración

ANEXO 2 Cálculo de cargas térmicas Calefacción

ANEXO 3 Cálculo de la superficie de captadores ACS

ANEXO 4 Cálculo de la superficie de captadores Calefacción

ANEXO 5 Cálculo de la superficie de captadores Refrigeración

INTRODUCCION

Uno de los objetivos del proyecto es dar una respuesta integral a las demandas de producción de ACS, y de climatización que presenta el proyecto.
Introducir un sistema, capaz de producir frio a través de la energía obtenida de una instalación solar de captadores, dimensionada de acorde a las exigencias del proyecto y del sistema integral.

Haremos el cálculo y análisis de las cargas térmicas de calefacción y refrigeración para el proyecto en estudio y a partir de aquí definiremos el criterio a utilizar para el dimensionamiento de los componentes principales del sistema.

El objetivo será cubrir la porción más adecuada de la demanda con la energía renovable para reducir nuestro gasto en facturación eléctrica mensual.

A partir de los ahorros energéticos logrados, podremos definir entonces si el proyecto se presume viable.

Obtendremos una visión general, utilizando un caso concreto, sobre el potencial que tiene la región para el desarrollo de proyectos relacionados con el uso de la energía solar.

1 Generalidades

1.1 Ubicación del proyecto

1.1.1 Localización del proyecto

El sistema desarrollado se aplica en un edificio de apartamentos ubicado en la ciudad capital de Guatemala el cual servirá como punto de inicio y justificación concreta de los puntos que se quieren tratar en este documento.

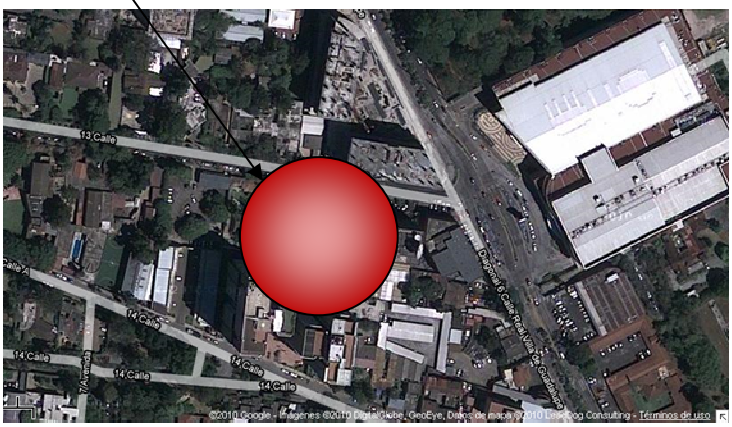
La Ciudad de Guatemala

Geografía

La Ciudad de Guatemala está ubicada en el valle de la Ermita a unos 1592 (msnm) posee temperaturas muy suaves entre los 9 y 21 ℃.

- Altitud: 1.592 metros.
- Latitud: 14º 37' 15" N
- Longitud: 90º 31' 36" O
- Extensión: 996km

El proyecto se ubica en la zona 10 de la ciudad capital, en esta zona se encuentran concentrados edificios de apartamentos, grandes hoteles y centros comerciales, zona de embajadas con las que el país tiene relaciones diplomáticas.
En esta zona el precio de la energía electica se ubica en los más altos del país debido al nivel de consumo en la facturación eléctrica



1.2 Guatemala, datos generales

Guatemala

A pesar de su tamaño, Guatemala cuenta con una gran variedad climática y biológica producto de su relieve montañoso que va desde el nivel del mar hasta los 4.220 metros sobre el nivel del mar, esto propicia que en el país existan ecosistemas tan variados que van desde los manglares de los humedales del pacífico hasta los bosques nublados de alta montaña.

Clima

A pesar de su ubicación en los trópicos, la elevación de la ciudad de Guatemala le permite gozar de un clima subtropical de tierras altas. El clima en Ciudad de Guatemala es generalmente muy suave, casi primaveral, a lo largo del año. La temporada de lluvias se extiende de mayo a noviembre mientras que la estación seca abarca el resto del año. En Ciudad de Guatemala también tiende a soplar mucho el viento, lo que puede reducir la temperatura aún más evidente.

La ciudad de Guatemala es la capital más fría y más alta de toda Centroamérica, para los meses fríos entre noviembre y febrero las temperaturas mínimas pueden llegar hasta los 3 ℃ y las máximas no sobrepasar los 18 ℃.

Su temperatura media anual es de 19 ℃. La humedad relativa media mañana: 84%, por la noche la humedad relativa: 64%. El Promedio de Punto de rocío es de 12 ℃.

Parámetros climáticos promedio de Ciudad de Guatemala [ocultar]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada (°C)	27	29	30	33	32	30	29	29	29	28	28	28	29
Temperatura diaria máxima (°C)	21	23	25	25	25	23	23	23	22	22	22	21	22
Temperatura diaria mínima (°C)	9	11	13	15	16	16	16	15	15	13	12	10	13
Temperatura mínima registrada (°C)	0	2	4	7	9	10	11	10	7	6	3	0	6
Precipitación total (mm)	2.0	1.1	11.7	50.9	141.9	211.8	415.1	278.3	220.2	165.9	32.0	2.5	1533.4

Fuente: [2] *2007*

1.3 Estado actual de las energías Renovables en la región.

1.3.1 Situación actual de las energías renovables en Latinoamérica

En el entorno energético actual, los beneficios económicos de las energías renovables adquieren una creciente relevancia. Estos contribuyen a minimizar los riesgos asociados con la con la volatilidad de los precios, diversifican la gama energética; además es bien sabido que reducen el impacto ambiental e impulsan el desarrollo sustentable de la región.

En general en Latinoamérica muchos gobiernos desarrollan políticas y establecen normas con el objetivo de incorporar en sus programas energéticos fuentes de energía limpia. Y cada vez más se hace más palpable la determinación por apostar por energías renovables.

La Plataforma de Brasilia de octubre de 2003, significo entre otros el esfuerzo inicial para la introducción de las energías renovables en la región. [15]

Se consolido el compromiso de los países participantes en lograr para el año 2010 que en la región, en conjunto, se utilice por lo menos un 10 % de energía renovable del consumo total de energía.

Para lograr este objetivo los países de Latinoamérica han emitido algunas normas que sirvan para promover el uso de las energías renovables como respuesta para afrontar el cambio climático.

Ahora quedara como presente y siguiente acto desplazar la utilización de combustibles fósiles en la generación de electricidad.

1.3.2 Sistemas de promoción

En general los sistemas utilizados por el estado tienen como fin ofrecer ayudas para que la generación de energía renovable pueda subsistir y multiplicarse.

Los diferentes gobiernos elijen diferentes sistemas de promoción según sean sus necesidades y objetivos específicos, responden a las características específicas del país y dependen también del énfasis que se le quiera dar al fomento de este tipo de energías. Pudiendo ser unas más acertadas que otras pero básicamente perdiguen el mismo fin.

Existen sistemas de promoción directos e indirectos.

Los sistemas de promoción directos buscan que los inversores tengan asegurada una ganancia o un mercado donde operar y vender la energía que producen.

En cambio los sistemas de promoción indirectos utilizan medidas alternativas que buscan crear un mercado de energías renovables donde puedan operar los productores en condiciones de competitividad.

El sistema de primas

El sistema más conocido en el mundo, el cual consiste en la asignación económica que el gobierno determina a favor del generador por cada kilovatio hora (kWh) que se inyecte en el sistema de red nacional. Este monto es pagado por los usuarios finales y permite a los productores mantener la rentabilidad necesaria en el tiempo para afianzar su negocio.

El sistema de certificados verdes

Es el documento otorgado por la autoridad regulatoria Nacional a los generadores de electricidad con fuentes renovales según el importe y la calidad medioambiental de la electricidad así producida. Por medio de este sistema se impone a las compañías distribuidoras de electricidad la obligación de que un determinado porcentaje de su suministro provenga de fuentes de energía renovables.

Junto con el sistema de subastas estos forman parte de los principales sistemas directos de promoción para las energías renovables, sin embargo se debe mencionar tres mecanismos indirectos que sirven de apoyo y que se aplican en Latinoamérica.

Incentivos fiscales

Consiste en desgravar la fabricación, importación o instalación de equipos para las centrales eléctricas o exenciones tributarias por un determinado tiempo para los generadores.

Creación de fondos de investigación y planes energéticos sobre energía renovable para promover el desarrollo científico en materia de energías renovables

Mecanismo de desarrollo limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio o Mecanismos para un Desarrollo Limpio (MDL) es un acuerdo suscrito en el Protocolo de Kyoto establecido en su artículo 12, que permite a los gobiernos de los países industrializados (también llamados países desarrollados o países del Anexo1 del Protocolo de Kyoto) y a las empresas (personas naturales o jurídicas, entidades públicas o privadas) suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en el primer periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012, invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo (también denominados países no incluidos en el Anexo 1 del Protocolo de Kyoto) como una alternativa para adquirir reducciones certificadas de emisiones (RCE) a menores Costes que en sus mercados.(Goldstandard, ejemplo de certificado para este tipo de MDL)

Los países de Latinoamérica han elegido diversas formas de promover las energías renovables y con diversa intensidad y compromiso. Han combinado y articulado en sus legislaciones los diversos sistemas que existen.

Sin embargo el uso de energías renovables aun es incipiente, por tanto no se puede determinar cuál de los sistemas aplicados es el más adecuado para funcionar con éxito en la región.

La realidad de cada país y la habilidad para atraer inversores serán los factores clave para el desarrollo de las renovables.

1.3.3 Las energías renovables en Guatemala, Centroamérica.

En la región Centroamericana las tecnologías de energía renovable presentan una alternativa económica y ambiental factible tanto para provisión de energía a comunidades que se encuentran energéticamente incomunicadas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, ya sea por sistemas aislados o por proyectos conectados a red.

La región cuenta con gran cantidad de recursos para desarrollar sistemas hidráulicos, solares, eólicos y de biomasa.

Actualmente lo demuestran así los datos como los de Costa Rica, un país en el que el 92% de la energía proviene de las estaciones de sistemas hidráulicos, y la determinación de este por apostar completamente por las energías renovables al asumir el compromiso de ser en un futuro cercano el primer país " carbono neutral ". [16]

Si Costa Rica logra cumplir este formidable reto, su credibilidad en las plataformas ambientalistas y en el sector del ecoturismo saldrá reforzada y por tanto ofrecerá un plus para su desarrollo económico.

Hoy en día son varias las organizaciones que se dedican a la divulgación y promoción las renovables, promocionando su uso e incentivando la creación de empresas que se dediquen a la comercialización, fabricación e instalación de sistemas y productos de energía renovable en toda la región.

Por tanto es un deber del estado como de la iniciativa privada involucrarse en el desarrollo de proyectos de este tipo para contribuir tanto a la conservación del medio ambiente como al desarrollo de los pueblos, creando nuevas fuentes de trabajo a la vez que se cree todo un clúster sobre el tema en estos países. Ya existe un todo Centroamérica aunque con algunas diferencias entre sus países integrantes, un número cada vez más grande de empresas que se dedican a la distribución e instalación de equipos que aprovechan las energías renovables.

En los últimos cinco años, en Guatemala, El Salvador y Costa Rica, los sistemas para calentamiento de piscinas tuvieron un fuerte crecimiento. Sin embargo, existen barreras que dificultan un mayor desarrollo de este tipo de energía: la falta de conocimiento de las tecnologías y las capacidades institucional y técnica aún incipientes.

Promoción de las energías renovables en Guatemala

Guatemala cuenta con una gran cantidad de recursos renovables, los cuales no han sido aprovechados intensamente. Como prueba de esto se deriva el hecho de que habiendo un potencial aprovechable de 5,000 MW en energía hidroeléctrica y 1,000 MW en energía geotérmica, solamente se utiliza de estas el 13 % y el 3 % respectivamente.

En el año 2004, el 52.5% de la producción de energía eléctrica provino de centrales térmicas; el 36.3% de centrales hidroeléctricas; el 8.4% de cogeneradores (ingenios azucareros) y el 2.8% de centrales geotérmicas. [17]

Acciones para la promoción de recursos renovables de energía en Guatemala

El Ministerio de Energía y Minas dentro del contexto de desarrollo del país, es el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas indicativos relativos a los subsectores eléctrico y de las energías renovables.

a. Acciones técnicas

Para cumplir con sus responsabilidades, ha creado el Centro de Información y Promoción de las Energías Renovables con el objetivo de establecer un servicio sostenible de captación, mantenimiento, actualización y suministro de información sistemática, consistente y confiable, que contribuye a que los inversionistas puedan realizar estudios de factibilidad de proyectos de energías renovables en el país.

b. Acciones legislativas

Con la finalidad de revertir el incremento de la instalación de centrales termoeléctricas que utilizan derivados del petróleo, el Ministerio elaboró las siguientes propuestas:

- La Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable, aprobada por el Congreso de la República mediante el Decreto Número 52-2003.
- El reglamento de la referida ley, aprobado mediante el Acuerdo Gubernativo Número 211-2005

La Ley de Incentivos y su Reglamento tienen por objeto promover el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos renovables en Guatemala y establece incentivos fiscales, siendo estos:

- Exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado -IVA- cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo, para los periodos de pre inversión y de construcción, el cual no excederá de 10 años.
- Exención del Impuesto Sobre la Renta -ISR-, por 10 años. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la fecha en que el proyecto inicie la operación comercial
-

Con ello se pretende:

- Promover la localización, inventario y uso de los recursos energéticos renovables.
- Impulsar los estudios para estimar el potencial técnico utilizable.
- Fomentar y facilitar las inversiones para el desarrollo de generación de electricidad a través del uso racional de recursos energéticos renovables.
- Propiciar la diversificación de la oferta energética nacional, a través de recursos renovables contribuyendo con esto a una mayor independencia nacional con relación a los combustibles importados.

Estas pretensiones se hacen viables, en virtud que Guatemala cuenta con recursos naturales renovables suficientes en cantidad y calidad, y su aprovechamiento otorgará al país, una menor dependencia de la compra de combustibles fósiles, facilitando con ello, el suministro de energía económica, a favor del consumidor final, minimizando así, una fuga irreversible de divisas por concepto de compra de estos combustibles no disponibles localmente; y que permita, a mediano y largo plazo, alcanzar un desarrollo continuo de estos

recursos, lograr un equilibrio entre las fuentes de energía nacionales e importadas, lo que repercutirá en una mejora de la calidad ambiental del país.

1.3.4 Organizaciones que apoyan el desarrollo de la energía renovable en el país

Por mencionar algunas que puedan poner un ejemplo claro de su función tenemos:

Biomass Users Network (BUN-CA)

Esta es una organización no gubernamental (ONG), con sede en San José Costa Rica.

Y dirige sus esfuerzos a tres puntos clave:

- Fomentar el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales para generar energía sostenible, así como conservar el ambiente.
- Promover la creación de fuentes de empleo, estimular el crecimiento de las economías nacionales, y la integración económica, mediante el uso eficiente de la energía.
- Permitir a los países de América Central apoyarse mutuamente, mediante la cooperación horizontal que ofrece el desarrollo de proyectos y programas de interés regional.

En el contexto del proyecto "Fortalecimiento de la capacidad en energía renovable para América Central" (FOCER) y con el apoyo de consultores específicos en cada tema. FOCER es un proyecto ejecutado por BUN-CA [18], conjuntamente con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Este proyecto se ejecuta por medio del apoyo técnico y financiero a desarrolladores de proyectos, de la organización de seminarios y talleres de capacitación, y de la asistencia a gobiernos en la implementación de políticas y regulaciones apropiadas para la energía renovable.

El Programa Eurosolar

Es un programa de la Oficina de Cooperación EuropeAid de la Comisión Europea, de la Unión Europea, que propone en países latinoamericanos el acceso a la electricidad mediante fuentes renovables a comunidades rurales aisladas que no disponen de ese recurso energético. El Programa Eurosolar [19] tiene un presupuesto de 30 millones de euros, de los que la Comisión Europea aporta el 80% y los países beneficiarios el 20%. Entre estos figuran Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Bolivia, Ecuador, Perú, Paraguay y Honduras.

Lo interesante de este programa, que fundamentalmente intenta asegurar el suministro de electricidad a sistemas de potabilización de agua, centros sanitarios, escuelas, refrigeración y telefonía, es que más de 300.000 personas que no tienen conexión a ninguna red de suministro eléctrico se beneficiarán de él, y todo, a partir de fuentes de energía renovable.

De inicio esto ya significa una mejora clara en la calidad de vida, pero, a largo plazo, genera una conciencia sobre la importancia de este tipo de proyectos.

Programa de energía renovable

PNUD, Una plataforma para el desarrollo.

La Fundación Solar promueve el desarrollo de políticas públicas, incidencia política y diálogo multisectorial de tal forma que las comunidades alcancen la autonomía energética y les sea posible tener acceso a la transferencia de tecnología de energía renovable (TER). [20]

AIDG

"The Appropriate Infrastructure Development Group" (AIDG) ayuda a individuos y comunidades a tener acceso a fuentes ecológica y económicamente asequibles a la electricidad, el saneamiento y agua potable, en general al uso apropiado de las renovables. A través de una combinación de incubación de empresas, educación y divulgación, ayuda a la gente a obtener tecnología que mejore su salud y mejore sus vidas. [21]

1.4 Estado actual de la energía solar térmica en Guatemala, Centroamérica

1.4.1 Estado actual y promoción de la energía solar térmica existente en la región.

Tanto en la región centroamericana como en Guatemala no existe ninguna ordenanza que apueste por el desarrollo de la energía solar, sin embargo se están planteando algunas medidas para fomentar y lograr una mayor eficiencia energética en los edificios sobre todo los edificios públicos como medida para potenciar a través del estado este tipo de energías.

El desarrollo de estos sistemas es muy primario y presenta un gran potencial para la creación de empresas que se dediquen a la instalación de equipo en este sector, actualmente existe un número cada vez mayor de empresas que ven con buenos ojos invertir en estas tecnologías.

Guatemala y Costa Rica son los países que cuentan con mayor número de paneles fabricados e instalados con éxito. Instalaciones en hoteles y uso domestico.

Estudio realizado por el programa Solar SwissContact.[22]

País	Nº de colectores fabricados	Nº de colectores instalados
Guatemala	2.000	4.000
Honduras	50	200
El Salvador	100	500
Nicaragua	100	300
Costa Rica	1.800	2.500
Panamá	100	300
Belice	-	20
Total	4.150	7.820

Fuente: Programa Solar SwissContact: 1993-2001

Tabla 1.4.1: No. Colectores fabricados e instalados.

En 1993, SwissContact, la Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, inició, en

Costa Rica, un programa de cooperación para la promoción, producción y venta de equipo de calentadores solares de agua que, posteriormente, se extendió a otros países centroamericanos.

La iniciativa tenía como objetivo difundir y masificar la producción y el uso de captadores e instalaciones solares, por parte de pequeñas y medianas empresas de calidad con el fin de reducir las emisiones de CO2.

Se diagnosticaron aspectos importantes relacionados con el uso de los captadores como, por ejemplo, el nivel de conocimiento general y la capacidad local de fabricación.

Se capacitaron instructores para Centroamérica, se fabricaron captadores planos para el uso residencial y se instalo un buen número de captadores para sistemas de calefacción de piscinas en la región.

Con el fin de promocionar y facilitar el acceso a información técnica y general para posibles interesados en el tema, se crearon manuales técnicos de fácil acceso y entendimiento que ofrecen una idea clara y simple sobre los sistemas de energía solar térmica, entre otros.

Uno de los más importantes obstáculos encontrados es de que a pesar de que un gran números se personas se encuentra interesada y recibieron capacitación, la producción de captadores de buena calidad no fue factible, debido a que se requería una inversión alta de capital inicial para importar los componentes necesarios.

SwissContact estableció alianzas con BUN-CA para ocuparse de objetivos como:

1 Diseminar, entre los sectores público, privado, industrial, comercial y ONG, los aspectos técnicos y financieros del captador solar.
2 Establecer estándares y normas de calidad para captadores solares en la región.

Un eje importante de este programa es la creación de una base de datos sobre productos y suplidores de sistemas, ventas de repuestos, técnicos en instalación, operación y mantenimiento, agencias de micro-crédito, sitios demostrativos y la creación de una guía con las normas y estándares de calidad para el diseño e instalación de captadores solares.

Principales barreras

Las principales barreras que afrontan los sistemas solares térmicos son el alto Coste inicial y la credibilidad, a esto se suma la mala instalación de los sistemas, los cuales muchas veces no ofrecieron el rendimiento esperado.

Para hoteles e industrias faltan mas sistemas de referencia, de manera que los hoteleros puedan ver claramente las ventajas que presentan estos frente a sistemas de agua caliente convencionales.

Sin duda los precios cada vez más altos de la electricidad en Guatemala promoverán aun más el uso de los sistemas solares.

Potencial técnico y económico

Técnicamente América Central tiene una limitada infraestructura para la implementación masiva de sistemas solares térmicos. La falta de personal técnico capacitado ha provocado que algunas instalaciones sean de calidad insuficiente reflejándose en problemas de fugas en las tuberías, muchas veces difíciles de localizar, y errores en el diseño del dimensionamiento, lo cual perjudica la credibilidad en el funcionamiento de los sistemas solares.

En gran cantidad de obras, además no existen las tuberías de agua caliente, indispensables para la introducción de un sistema solar térmico para uso domestico.

La importación de captadores o sistemas completos para casas garantizaría una buena calidad de los productos, pero requiere la compra de varios elementos y, por lo tanto, una inversión inicial alta para obtener un Coste por unidad aceptable.

Para la fabricación local, se presentan los mismos problemas de altas inversiones iníciales al tener que importar los componentes principales del captador como vidrio, aislante, aluminio y cobre.

Cuanta mejor variedad de productos haya en el mercado nacional, menos complicado se presentaría la fabricación local. Los dos países con un mercado de distribuciones más avanzado en cuanto a los materiales para la fabricación de sistemas solares térmicos son Guatemala y Costa Rica.

Hasta hoy, los sistemas solares son equipos que requieren una inversión inicial elevada comparada con otros sistemas de calefacción agua (sobre todo termoduchas o tanques eléctricos). Los clientes potenciales son, la mayoría, familias de ingresos elevados. En correspondencia, los países con más posibilidades de vender e instalar estos equipos son aquellos con mayor poder adquisitivo.

Presente y futuro de la energía solar térmica en América Central.

En la actualidad son varios los países y organizaciones que pretenden crear lazos comerciales con los países de la región, por lo que se crean portales de información sobre alianzas comerciales, foros de capacitación, exposiciones relacionadas al tema de renovables, y ferias a lo largo de la región para promover la variedad de productos que ofrece el mercado internacional, en conclusión, se pueden efectuar alianzas comerciales muy productivas para ambos polos de la negociación.

Productos de importación de calidad, variedad de accesorios y también la posibilidad de fabricar en el país productos de calidad estándar.

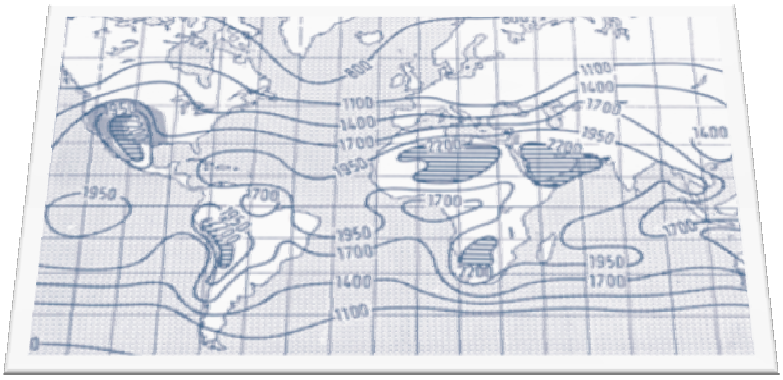
Día a día se va formando más y mejor personal técnico y a medida que aumente la demanda, producto de la promoción de empresas y organizaciones que trabajan a nivel local para incrementar su producción, distribución e instalación de esta tecnología, también lo hará la oferta de personal capacitado y de calidad.

1.5 Potencial solar de la latitud 14º.

Distribución de la radiación solar mundial favorable para la región

La radiación solar es distribuida de forma desigual, y varía en intensidad de un lugar geográfico a otro dependiendo de la latitud, la estación y la hora del día.

El cinturón entre el ecuador y la latitud 15 ° N es favorable en cuanto a la distribución geográfica de la radiación solar total a escala mundial.



Hay un total aproximado de 2500 horas de sol al año. La intensidad solar es casi uniforme en todo el año, debido a que las variaciones estacionales son pequeñas.

La fuerza del sol se mide en kW/m2 o por MJ/m2 (Mega Julios). En el mapa mundial de radiación se indica la radiación promedio anual en kWh/m2 área horizontal. Este mapa nos enseña que la mayoría de Centroamérica tiene un valor de 1950 kWh. Este valor dividido por 365 días nos da un valor promedio de 5.34 kWh diarios. En comparación a los países centrales de Europa que tienen un valor de 1100 kWh/m2 los cuales son un 56% del sol en Centroamérica.

Es importante señalar que la mayoría de los países en vías de desarrollo se encuentran en las regiones más favorables entre las latitudes 35 °N y 35 °S.

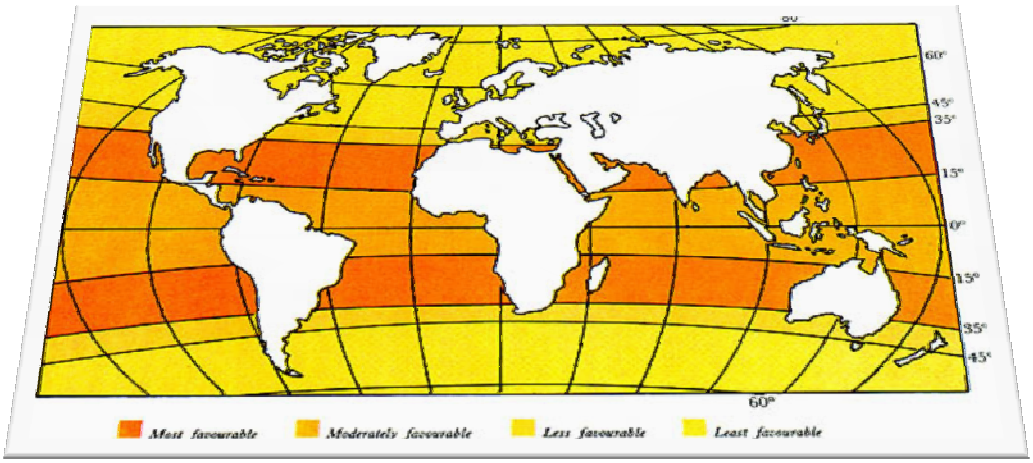


Figura 1.5.1: Distribución de la radiación solar mundial.

1.6 Coste de la energía eléctrica en la región.

1.6.1 Sistema nacional interconectado

En el caso de Guatemala, la red nacional de energía está constituida por equipos eléctricos desde las plantas generadoras hasta los transformadores, estos del tipo banco trifásico con unidades monofásicas, siendo los que alimentan las casas del usuario final.
Una red eléctrica puede entenderse como un circuito eléctrico serie paralelo más complejo, en el cual voltajes y corrientes así como potencia fluyen desde las plantas de generación (terminas, hidráulicas, eólicas etc.) hasta nuestras casas. Aunque no es objeto de estudio más profundo en este artículo, la empresa de electricidad está en constante control de la red nacional y del flujo de potencia entre distintos puntos.
Se debe tener presente que los precios de generación entre las plantas puede variar, el precio es distinto a distintas hora del día, hora pico, hora de menor demanda, hora de punta, también es tener presente que el precio por kWh de energía varia de un planta generadora a otra, esto en razón a la forma en que generan energía, por ejemplo formas económicas de generar pueden ser: Plantas Hidráulicas, generan energía a precios más bajos que aquellas del tipo Térmicas, Plantas Eólicas o alternativas como la Solar.
Derivado de lo anterior y que los precios internacionales del combustible afectan los hogares e Industria nacional, se debe tener un ente regulador que coordine la planta que entra a entregar potencia al SIN; quien entra a entregar potencia a la red nacional primero es quien más barato vende el kWh de energía, por ejemplo una Hidráulica sería la primera en ingresar y entregar potencia a la red nacional. Esta coordinación está a cargo del Administrador del Mercado Mayorista AMM, la base legal es la Comisión Nacional de Energía eléctrica CNEE. Pero no dejando atrás el tema, aunque los precios de Generación pueden variar de una planta a otra, el precio es ajustado a la facturación, es decir, aunque estén operando plantas con precios más altos junto a plantas de precios más bajos el u día cualquiera, el precio del kWh de energía es el mismo, hay un ajuste que se realiza en forma trimestral.

1.6.2 Sector regulado y no regulado

Es oportuno diferenciar entre Sector Regulado y no Regulado, el primero establece aquellas Tarifas reguladas por CNEE que abarca usuarios con consumo:

- Baja tensión y con potencia menor o igual a 11 kW de consumo por día
- Usuarios en baja o media tensión, potencia entre 11 y 100 kW de consumo por día

La primera tarifa corresponde al usuario domiciliar en la tarifa social y otros con mayor consumo pero inferior al consumo del sector no regulado. El sector regulado goza de la tarifa social, y actualmente con las disposiciones del nuevo gobierno, la tarifa de solidaridad ha reducido el valor de la factura eléctrica de 1.2591 Q/kWh a 0.6159 Q/kWh.
El sector no regulado abarca:

- Tarifas establecidas por el distribuidor, por ejemplo, industrias pequeñas
- Usuarios con potencia mayor a 100 kW, por ejemplo, industria mediana y grande.

Por su parte el sector no regulado no goza de este beneficio, cobrando el valor del kWh al precio establecido por el Pliego Tarifario que actualmente, según el diario oficial 31 de julio, los precios para el sector no regulado son:

EEGSA Q. 1.6716 por kWh.
DEORSA Q. 1.8927 por kWh
DEOCSA Q. 1.79987 por kWh

1.6.3 Contraste de precios a nivel internacional

Nuestro proyecto entra dentro del sector no regulado, por tanto el Coste de la energía eléctrica por kWh, según la factura del mes de Julio 2010 por apartamento es de Q. 1,75 más IVA. Tomando en cuenta que el tipo de cambio al día de hoy (Abril 2010) es de 0,089 Euros por 1,00 Quetzales, entonces el precio equivalente es de 0,155 € kWh.

Es interesante contrastar estos precios con los de los países europeos, donde se puede evidenciar que los precios del kWh en Guatemala se encuentran dentro de la media de precios europeos.

Según el "Europe's Energy portal" los precios del kWh en los distintos países europeos son los que se muestran a continuación:

€ per kWh electricity Consumption: 3500 kWh/year (30 % during nighttime) Average amount in euro per one kilowatt-hour of electricity for domestic consumers. Incl. energy taxes & VAT. Effective: November '09	
Austria	€ 0.171
Belgium	€ 0.172
Bulgaria	€ 0.093
Cyprus	€ 0.144
Czech Rep,	€ 0.116
Denmark	€ 0.268
Estonia	€ 0.091
Finland	€ 0.128
France	€ 0.138
Germany	€ 0.211
Greece	€ 0.089
Hungary	€ 0.148
Ireland	€ 0.184
Italy	€ 0.260
Latvia	€ 0.088
Lithuania	€ 0.091
Luxembourg	€ 0.189
Malta	€ 0.105
Netherlands	€ 0.241
Poland	€ 0.140
Portugal	€ 0.172
Romania	€ 0.130
Slovakia	€ 0.179
Slovenia	€ 0.132
Spain	€ 0.143
Sweden	€ 0.195
United Kingdom	€ 0.138

€ per kWh electricity Consumption: 7500 kWh/year (30 % during nighttime) Average amount in euro per one kilowatt-hour of electricity for domestic consumers. Incl. energy taxes & VAT. Effective: November '09	
Austria	€ 0.147
Belgium	€ 0.152
Bulgaria	€ 0.077
Cyprus	€ 0.142
Czech Rep,	€ 0.087
Denmark	€ 0.232
Estonia	€ 0.076
Finland	€ 0.107
France	€ 0.117
Germany	€ 0.204
Greece	€ 0.089
Hungary	€ 0.146
Ireland	€ 0.153
Italy	€ 0.224
Latvia	€ 0.077
Lithuania	€ 0.079
Luxembourg	€ 0.182
Malta	€ 0.120
Netherlands	€ 0.240
Poland	€ 0.127
Portugal	€ 0.143
Romania	€ 0.114
Slovakia	€ 0.136
Slovenia	€ 0.113
Spain	€ 0.117
Sweden	€ 0.192
United Kingdom	€ 0.128

€ per kWh gas Consumption: 15,000 kWh/year (1,380 m3 of gas) Average amount in euro per one kilowatt-hour of gas for domestic consumers. Incl. energy taxes & VAT. Effective: November '09	
Austria	€ 0.071
Belgium	€ 0.061
Bulgaria	€ 0.028
Cyprus	NO DATA
Czech Rep.	€ 0.041
Denmark	€ 0.117
Estonia	€ 0.028
Finland	NO DATA
France	€ 0.068
Germany	€ 0.085
Greece	NO DATA
Hungary	€ 0.042
Ireland	€ 0.107
Italy	€ 0.074
Latvia	€ 0.030
Lithuania	€ 0.032
Luxembourg	€ 0.061
Malta	NO DATA
Netherlands	€ 0.047
Poland	€ 0.048
Portugal	€ 0.068
Romania	€ 0.036
Slovakia	€ 0.046
Slovenia	€ 0.055
Spain	€ 0.063
Sweden	€ 0.120
United Kingdom	€ 0.041

€ per kWh gas Consumption: 30,000 kWh/year (2,760 m3 of gas) Average amount in euro per one kilowatt-hour of gas for domestic consumers. Incl. energy taxes & VAT. Effective: November '09	
Austria	€ 0.059
Belgium	€ 0.044
Bulgaria	€ 0.034
Cyprus	NO DATA
Czech Rep.	€ 0.036
Denmark	€ 0.105
Estonia	€ 0.027
Finland	NO DATA
France	€ 0.051
Germany	€ 0.066
Greece	NO DATA
Hungary	€ 0.040
Ireland	€ 0.107
Italy	€ 0.069
Latvia	€ 0.028
Lithuania	€ 0.026
Luxembourg	€ 0.040
Malta	NO DATA
Netherlands	€ 0.046
Poland	€ 0.042
Portugal	€ 0.052
Romania	€ 0.035
Slovakia	€ 0.044
Slovenia	€ 0.051
Spain	€ 0.053
Sweden	€ 0.120
United Kingdom	€ 0.040

Tabla 1.6.3: € per kWh electricity. "Europe's Energy portal".

2 Descripción del proyecto

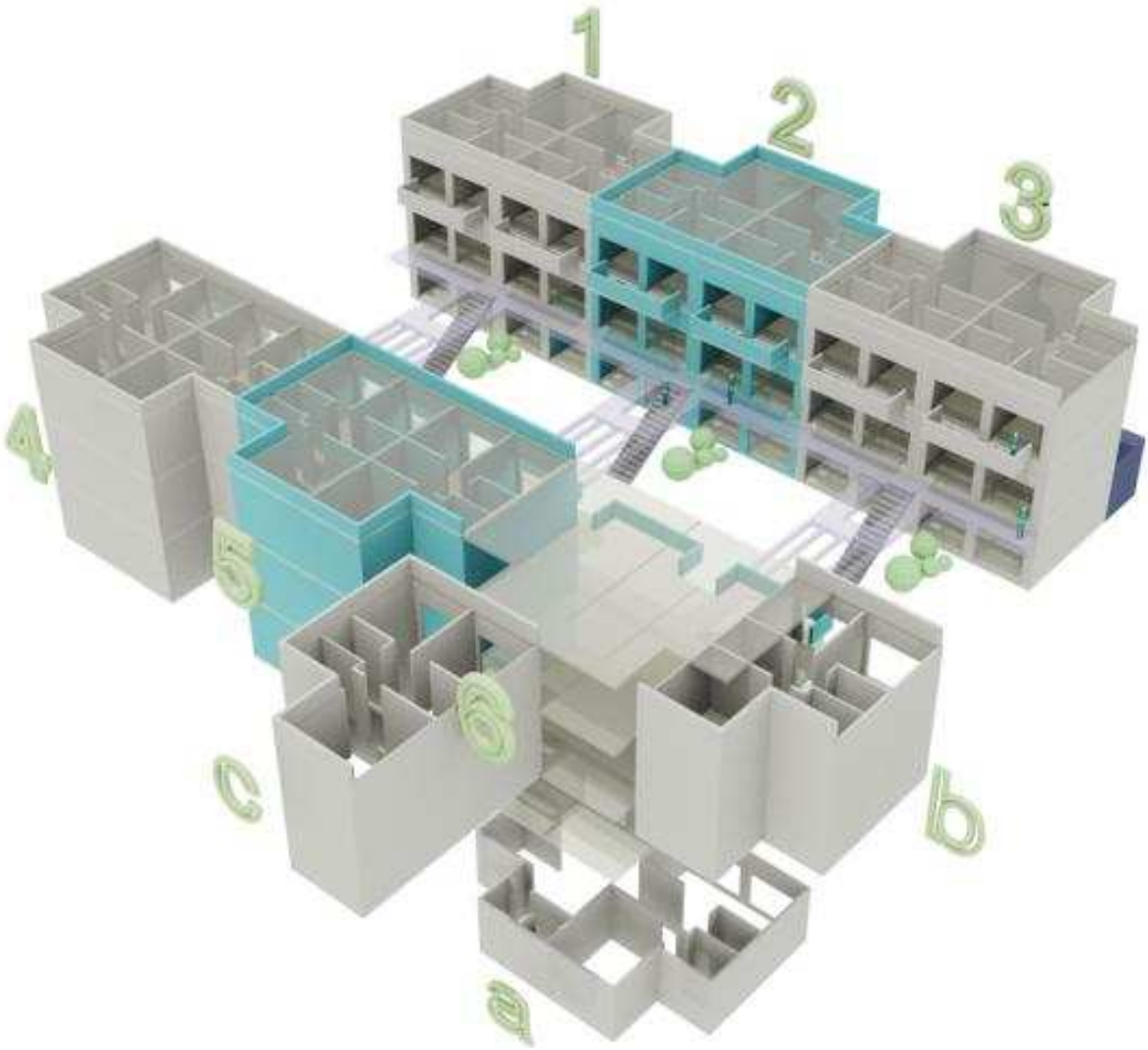
2.1 Distribución general de la edificación

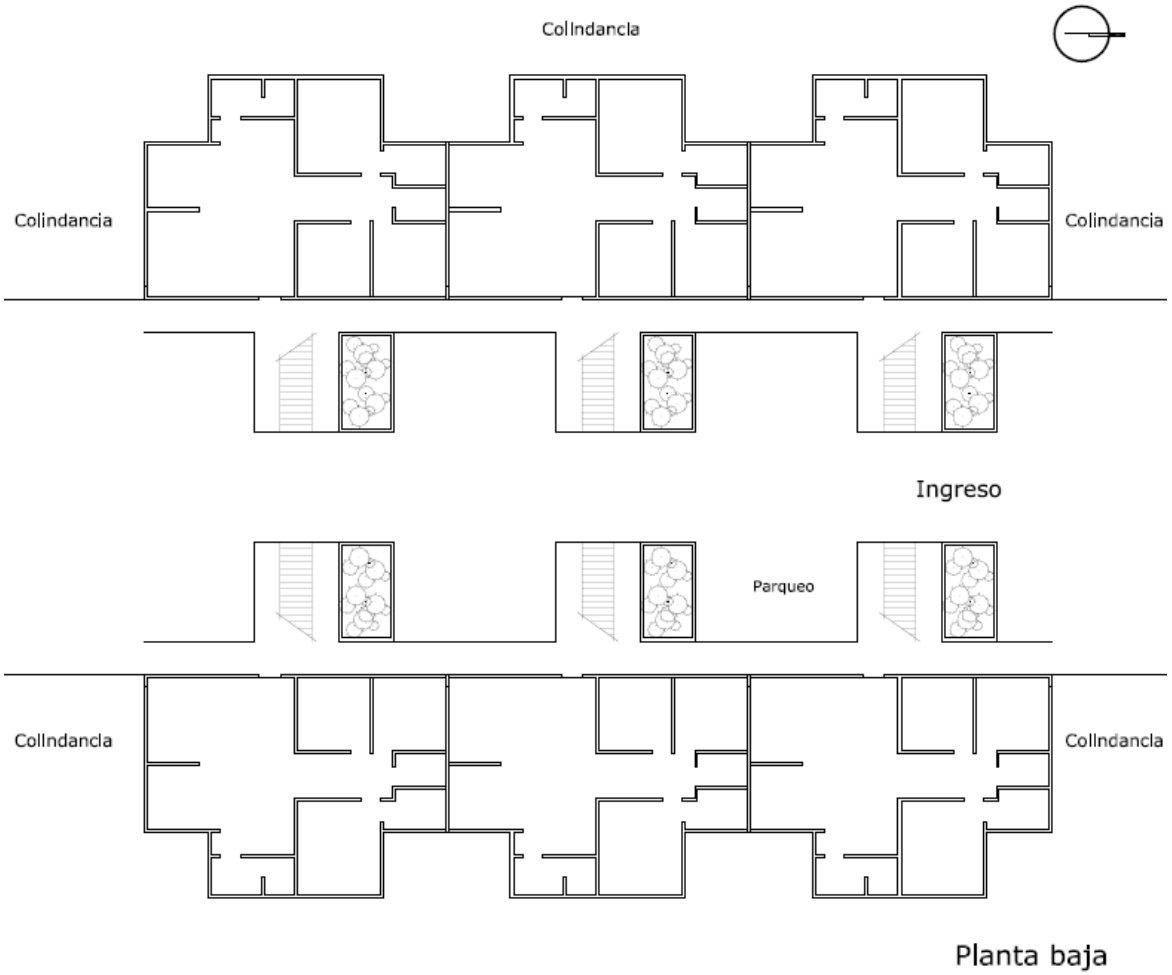
El edificio se ubica en la zona central de la ciudad, y está formado por 6 bloques anexos (1, 2, 3,….) de tres apartamentos cada uno (a, b, c).

18 apartamentos en total con una media de 4 usuarios por familia.

El edificio colinda al norte y al sur con edificios de similar volumen.

.



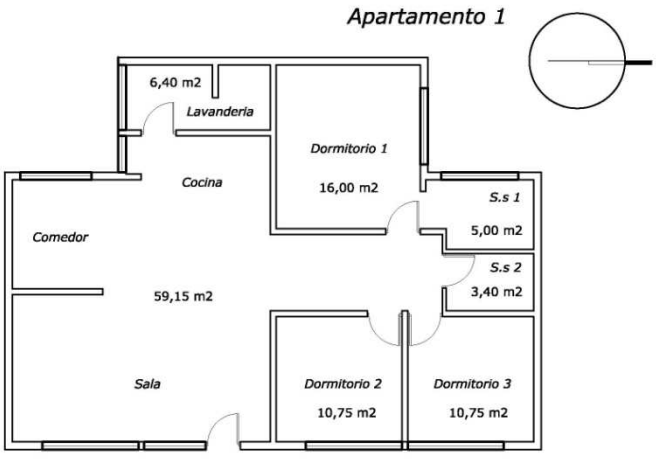


Todos los apartamentos tienen un ingreso independiente unido por un pasillo comunitario y el área de parqueo.

Cada apartamento esta formado por 3 habitaciones, un ambiente común para la sala, comedor y cocina, una lavandería y dos cuartos de baño.

Todos los apartamentos tienen la misma distribución y dimensiones.

La única diferencia es que la mitad de ellos está orientado al Este y la otra al Oeste. Punto importante que tomaremos en cuenta en nuestros cálculos.



2.2 Soleamiento

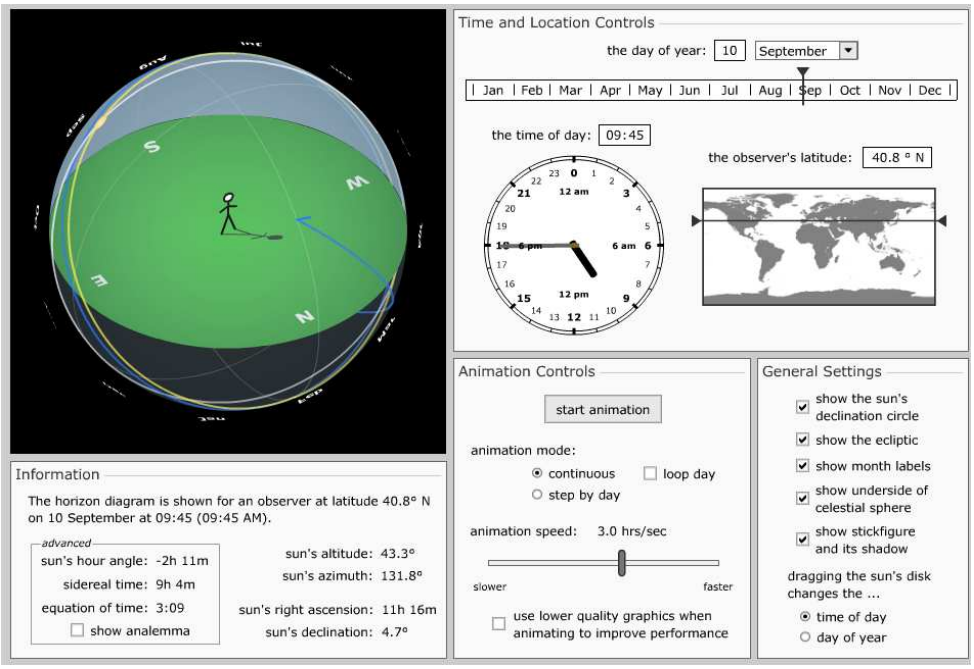


Figura 2.2.1. Recorrido aparente del sol, según hora, día y localidad. [8]

Debido a la orientación del edificio las aberturas principales de los apartamentos reciben sol directo por la mañana y por la tarde.

2.3 Requerimientos / demandas energéticas del proyecto.

2.3.1 Producción de ACS

Actualmente el proyecto cuenta con un sistema de producción de ACS a través de una caldera eléctrica convencional y acumulación centralizada. En cada apartamento se ubican contadores para cuantificar el consumo por cada apartamento al mes.

Debido a las elevadas sumas de facturación que el cliente recibe mensualmente, se plantea la búsqueda de nuevas soluciones que permitan reducir sus gastos.

2.3.2 Climatización de los apartamentos, (planteamiento)

Actualmente todos los apartamentos presentan un bajo nivel de confort interno debido a que no existe ningún tipo de regulación de la temperatura interna de los mismos, tanto en verano como invierno. Aunque las temperaturas en la zona donde se ubica el proyecto no son extremas, si presenta épocas de mucho calor y épocas de frio muy sensibles.

Intentaremos dar solución a este tipo de demandas, que aunque no son las más inmediatas para el cliente, si se ha propuesto solucionarlas en un futuro. Es por eso que se le plantea un sistema que resuelva dichas exigencias, tratando de ofrecer una idea clara sobre su funcionamiento, requerimientos y dimensionamiento.

3. Solución propuesta

3.1 Elección de los sistemas de generación.

Sistemas principales

ACS

Energía solar térmica

Calefacción en invierno

Energía solar térmica

Climatización en verano

Energía solar térmica, procesada la energía solar a través del sistema Climatewell para obtener agua fría para la climatización.

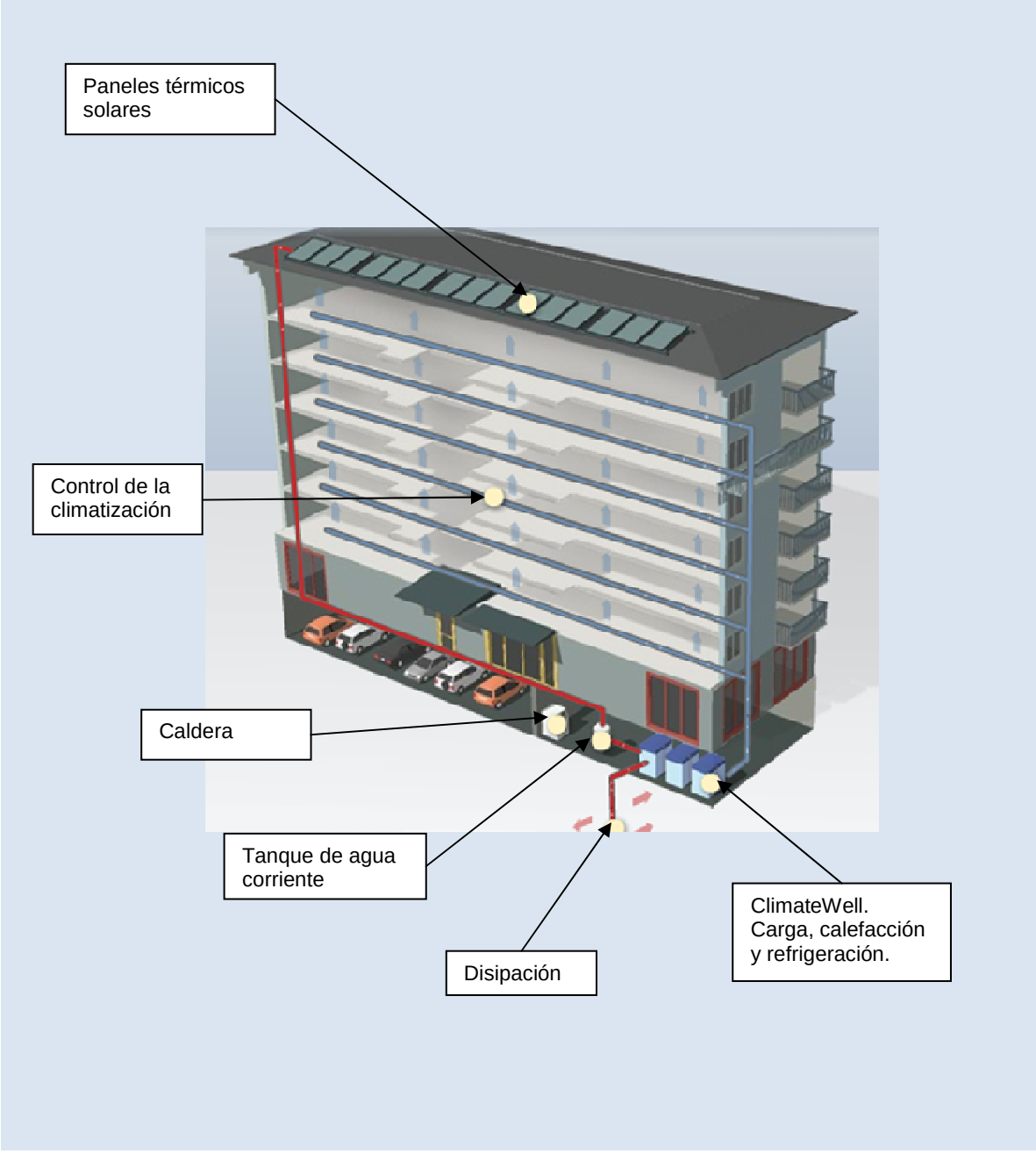
Para cubrir las demandas de ACS, calefacción y climatización utilizaremos la energía solar, que aunque de antemano sabemos que no cubrirá en un 100% dichas demandas si nos proporcionara una generación considerable de energía para dicho fin. Brindándonos ahorro energético y beneficios ambientales calculables.

Figura 3.1.1, ClimateWell, Equipo de climatización solar

3.2 Sistema integral

Integración de Calefacción, Refrigeración y ACS a través de un solo sistema.

Con la tecnología ClimateWell se integra todas las aplicaciones en una, a través del suelo radiante se climatiza el ambiente y mediante los captadores solares, además de alimentar la unidad de ClimateWell, se produce el agua caliente sanitaria que necesita la vivienda.



Se plantea la utilización de un sistema que utiliza la energía del sol a través de los captadores solares para la producción de frio, con el fin de ofrecer al proyecto una solución integral para la demanda de ACS, calefacción y refrigeración.

El “frio solar”, sistemas que usan la energía solar para la refrigeración de ambientes. La aplicación más frecuente es el acondicionamiento de aire, tanto en edificios como en ambientes móviles. Existen sistemas basados en fotovoltaica y otros en energía solar térmica.

La tecnología del frío solar parte de una idea aparentemente contradictoria: aprovechar el calor para generar frío. Teniendo en cuenta que el consumo eléctrico sube considerablemente durante los meses de verano por el uso de los aparatos de aire acondicionado, la generalización de esta tecnología puede suponer un desarrollo muy positivo en la aplicación de nuevas aplicaciones de las energías renovables y en la reducción de dichas puntas de consumo eléctrico.

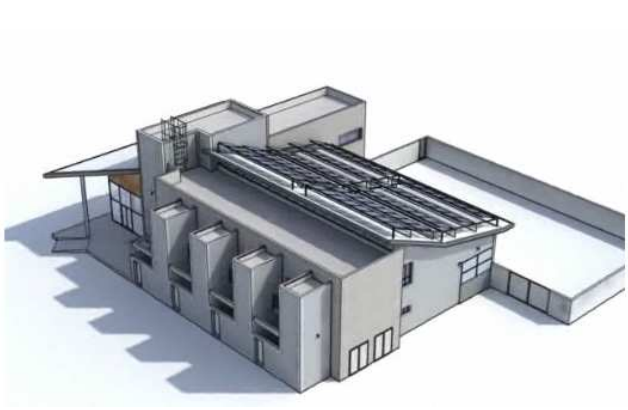
Los sistemas basados en la energía solar térmica extraen mayor rendimiento de las instalaciones - a menudo infra-aprovechadas o en riesgo de sobrecalentamiento durante el verano. Es una de las aplicaciones con energía solar en la que mejor se adapta la oferta con la demanda.

Situación actual del sistema en el contexto europeo (España)

En Europa y especialmente en España esta tecnología ya cuenta con el respaldo de varias empresas distribuidoras e instaladoras del sistema de frio solar.

También por parte del gobierno a través del ministerio de ciencia e innovación con el centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), en su sección de ahorro y eficiencia energética en el programa “Plan Nacional de I+D-MEC” llevan a cabo el proyecto “Proyecto Singular Estratégico de I+D sobre Arquitectura Bioclimática y Frío Solar (PSE-ARFRISOL)”. Proyecto el cual nace con el objetivo de ahorrar entre un 80% y 90% en el consumo de energía de los edificios mediante el uso de la energía solar pasiva y las tecnologías renovables, en el que participan importantes empresas constructoras y tecnológicas. Además, pretende demostrar la adecuación de la arquitectura bioclimática y de la energía solar empleada en edificios para el acondicionamiento tanto con fines térmicos (calefacción, refrigeración) como de producción de energía eléctrica. Asimismo, se analizará la calidad del aire los edificios con el fin de desarrollar una metodología para el tratamiento y purificación del aire interior. Por último, la investigación servirá para optimizar los sistemas de energía solar y de biomasa, definir modelos de integración de estos sistemas en cinco climas diferentes y demostrar, tanto a arquitectos, ingenieros y promotores, como a la sociedad que este tipo de edificaciones funcionan. [9]

En su origen, su duración se proyectó entre 2005-2010, pero el análisis de los datos y medidas experimentales demorarán unos meses más. Un esfuerzo que engloba a más de 20 participantes entre: empresas (tecnológicas y constructoras), universidades, organismos públicos de investigación y fundaciones.



El fin de la investigación es que cada construcción utilice entre un **10% y un 20% de la energía convencional** gracias a sistemas solares pasivos basados en el diseño arquitectónico y constructivo y el análisis exhaustivo del clima y el lugar, y de sistemas solares activos y biomasa el resto, que dotaran a cada C-DdI (demostradores de investigación) de las mejores condiciones de eficiencia energética; por lo tanto, el C-DdI sirve como laboratorio para investigar al detalle los pormenores científicos y tecnológicos aplicados a la energía solar en la edificación con el objetivo de desarrollar y comprobar estrategias y técnicas de calefacción, refrigeración e iluminación. Además, se investigará sobre sistemas solares activos de fabricación española (captadores térmicos, módulos fotovoltaicos, máquinas de absorción para refrigeración, ***"frío solar",*** integración arquitectónica, etc.), para obtener equipos más competitivos y avanzados que los ya probados con anterioridad por las empresas participantes.

Además PSE-ARFRISOL dedicará una especial atención a promover un "cambio de mentalidad" en los diferentes colectivos del sector de la edificación y niveles, tanto educativos como sociales, destinado a conseguir un uso más racional de la energía en la edificación por parte de usuarios finales y profesionales involucrados.

Entre las empresas e instituciones participantes se encuentra **ClimateWell**, es una compañía de origen sueco, creada en la década de los 80, dedicada a la fabricación y comercialización de sistemas de climatización basados en tecnología de Frío Solar. A través de energía solar, Climatewell es capaz de almacenar energía y ofrecer frío en verano y calor en invierno, garantizando una temperatura constante durante todo el año. Este sistema es innovador y su puesta en el mercado se hizo a comienzos del 2001. Sus máquinas de absorción están instaladas en los C-DdI SP 3, SP4, SP 5 y SP 6 del PSE-ARFRISOL, a la vez que participa en las actividades de investigación del SP 8, SP 9 y SP 10. [10]

Aunque en la región en donde se encuentra nuestro proyecto no existe experiencia técnica en el tema y tampoco un distribuidor directo para los equipos necesarios, se plantea el proyecto con el objeto lograr una visión a futuro sobre la aplicación de esta tecnología con tanto potencial en cuanto al ahorro energético y ambiental.

3.3 Descripción del sistema a utilizar

3.3.1 Tecnología frio solar

ClimateWell es un equipo de climatización solar de gran eficiencia que cuenta con la capacidad especial de almacenar energía y de suministrar tanto frío como calor. A través de energías renovables como la energía solar térmica, ClimateWell es capaz de ofrecer frío en verano, calor en invierno y abastecer la necesidad de ACS durante todo el año.

3.3.2 Beneficios del frio solar

Rentabilidad: Ahorro del consumo eléctrico

La gran diferencia con los sistemas convencionales de aire acondicionado es que ClimateWell utiliza los recursos naturales, la energía solar. Al no utilizar un compresor el consumo eléctrico es reducido, por lo que los ahorros energéticos son considerables.

Alta Eficiencia y mejora de la Calificación Energética de los edificios.

Cada edificio tiene una valoración energética que va desde el edificio más eficiente (clase A) al menos eficiente (clase G). Esta valoración está escalada en función del CO2 emitido por el consumo de energía de las instalaciones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

ClimateWell reduce drásticamente la clasificación energética al prescindir de consumo eléctrico.

Independencia sobre otras fuentes de Energía.

El déficit de la tarifa eléctrica y el alza del coste del petróleo y del gas, hacen que se busquen soluciones energéticas sostenibles que nos blinden del posible riesgo de cambios de precios.

Integración de Calefacción, Refrigeración y ACS a través de un solo sistema.

Con la tecnología ClimateWell se integra todas las aplicaciones en una, a través del suelo radiante se climatiza el ambiente y mediante los captadores solares, además de alimentar la unidad de ClimateWell, se produce el agua caliente sanitaria que necesita el proyecto

Reducción de emisiones de CO2

El mero hecho de utilizar la energía solar hace que se reduzca drásticamente las emisiones de CO2, por lo que se contribuye a un mundo mejor.

Mínimo mantenimiento

La tecnología de ClimateWell actúa como elemento de seguridad, protegiendo a la instalación de sobrecalentamientos. Además, la ausencia de elementos mecánicos en la unidad hace que se reduzcan los costes de mantenimiento y las preocupaciones para el usuario.

3.3.3 Coberturas

Con los sistemas de Frío Solar existe una coincidencia entre la oferta (radiación solar) y la demanda (necesidad de frío) siendo por eso eficientes y rentables.

Las necesidades energéticas de un edificio vienen determinadas principalmente por tres condicionantes: la construcción, las instalaciones y la utilización. El uso de energías renovables implica una coordinación de todas ellas para poder dar el máximo aprovechamiento energético. Dependiendo de estos condicionantes y la zona climática, se pueden conseguir unas coberturas energéticas muy importantes en Agua Caliente Sanitaria, Calefacción y Refrigeración, pudiéndose integrar con otras energías alternativas como la geotérmica y la biomasa.

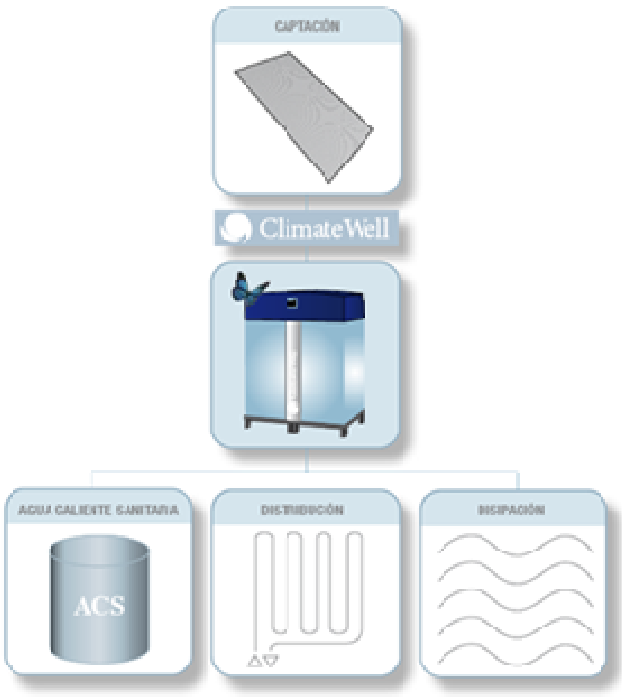
ClimateWell da una respuesta a la necesidad de ahorro energético, integrando energías renovables y promoviendo la utilización de sistemas eficientes para dar la máxima cobertura energética, que a su vez se traduce en ahorros económicos por la utilización de una fuente de energía gratuita.

La solución propuesta, utilizando ClimateWell, es una aplicación total de la energía solar térmica.

Con la incorporación de ClimateWell al sistema, se logra completar la funcionalidad de esta energía en el edificio creando así un sistema que integra perfectamente Agua Caliente Sanitaria (ACS), Calefacción y Refrigeración.

3.3.4 Circuito de captación solar

Los paneles de captación solar captan la radiación del sol, calentando así el fluido caloportador. Esta energía será la que alimente el sistema ClimateWell y se almacene en él.



Igualmente se pueden utilizar otras fuentes de energía, ya sean renovables como una caldera de biomasa o mediante el aprovechamiento de calor procedente de cogeneración o procesos industriales.

3.3.5 Circuitos de distribución

Gracias al empleo de un sistema radiante (suelo y/o techo) la energía se distribuirá, en forma de frío o calor, en el interior del edificio de una manera uniforme, silenciosa y eficiente evitando corrientes de aire, ruidos de ventiladores y ambientes excesivamente secos. Aunque ClimateWell recomienda este sistema de distribución, también se pueden utilizar fancoils, inductores, climatizadoras.

3.3.6 Circuito de disipación

Toda producción de frío se realiza “robando” calor, el cual puede ser un valor añadido en su utilización para climatizar una piscina o precalentar Agua Caliente Sanitaria (ACS), aumentando así la utilización total de la energía generada en el sistema. Al igual que en el circuito de distribución, para la disipación se pueden utilizar diferentes elementos al anteriormente descrito, como son: intercambiador geotérmico vertical u horizontal, aerotermo o torre de refrigeración.

3.3.7 Absorción de triple estado.

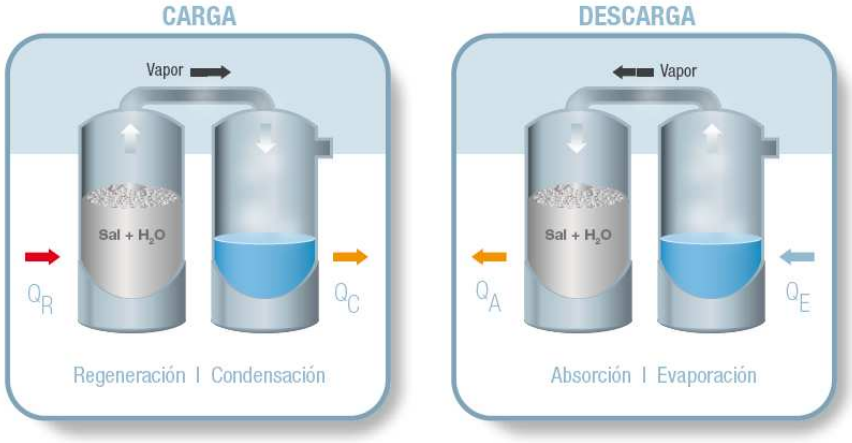
Para que la máquina trabaje de forma continua incorpora dos unidades en su interior, alternando el proceso de carga y descarga.

Los elementos que componen cada unidad son el reactor y el condensador, en uno se ubica el Cloruro de Litio y en otro el agua.

Durante el proceso de carga, tenemos el compartimento con la disolución de agua y Cloruro de Litio conectado térmicamente a la generación de calor (paneles solares térmicos). Al añadir calor a esta disolución el agua empieza a evaporarse, pasando al otro compartimento donde condensa como agua líquida.

En este proceso no es necesaria ninguna bomba o elemento mecánico.

Una vez que toda el agua ha pasado al condensador, podemos cortar el paso de un compartimento a otro almacenando de esta forma la energía, gracias a la sal cristalizada, para poder distribuir frío cuando sea requerido.



Durante la descarga, para evaporar el agua que hay en su interior, el condensador robará el calor del edificio que se desee refrigerar. Este vapor pasara al otro compartimento donde se disolverá en la sal (Cloruro de Litio). Esta acumulación de energía se realiza de forma química, no térmica. [11]

4. Proceso de cálculo

Dividimos el cálculo del sistema en estos cuatro puntos que debemos resolver:

- Cálculo de demandas
- Elección de los sistemas de generación.
- Elección de los sistemas de distribución
- Dimensionamiento de los sistemas de generación para satisfacer las demandas.

4.1 Cálculo de demandas

Antes que nada se tiene que partir de conocer la demanda de energía que se necesita satisfacer y también la forma en que se necesita esta energía. Es decir, tendremos que calcular en kWh:

- Demanda mensual de ACS
- Demanda de calefacción en invierno
- Demanda de climatización en verano

Para definir las demandas de calefacción- climatización tenemos dos opciones básicamente:

- Adoptar un valor genérico, por ejemplo para radiadores se contempla 100-120 W/m2.
- Calcular las demandas de una forma más real, utilizando los coeficientes térmicos de transmisión, según los materiales de los cerramientos que conforman el edificio.

A la misma vez has de definir cómo se va a necesitar esta energía: en el caso de ACS es más claro y sencillo, se trata de agua caliente a 60ºC.

De estos cálculos debemos obtener dos datos importantes,

> La potencia instantánea máxima (W) que se necesita, ya sea por vivienda o el total del conjunto de los 18 apartamentos.
>
> La energía (kWh) que se necesita a lo largo del periodo de calefacción/ refrigeración.

El primer dato (potencia) nos servirá para saber la potencia del sistema generador que se necesita. Podremos definir también el sistema generador auxiliar, ya que aunque utilicemos la energía solar habrá periodos de tiempo en los que no contemos con esta fuente de energía por lo que es imprescindible el sistema auxiliar.

El segundo dato (energía) nos servirá para conocer cuanta de esta se puede satisfacer con el aporte de energía solar, y por tanto, cuanto se puede ahorrar y si el sistema solar es viable energética y económicamente.

Una vez calculados estos datos podremos saber cuánto de esta demanda se puede aportar con la energía solar con ClimateWell.

4.2 Elección de los sistemas de generación.

Podremos utilizar la energía solar para obtener ACS para todas las viviendas y también para apoyo a la calefacción en invierno, conducimos la energía solar por ClimateWell y obtendremos agua fría para la refrigeración.

Definiremos los sistemas auxiliares a utilizar para garantizar siempre la demanda.

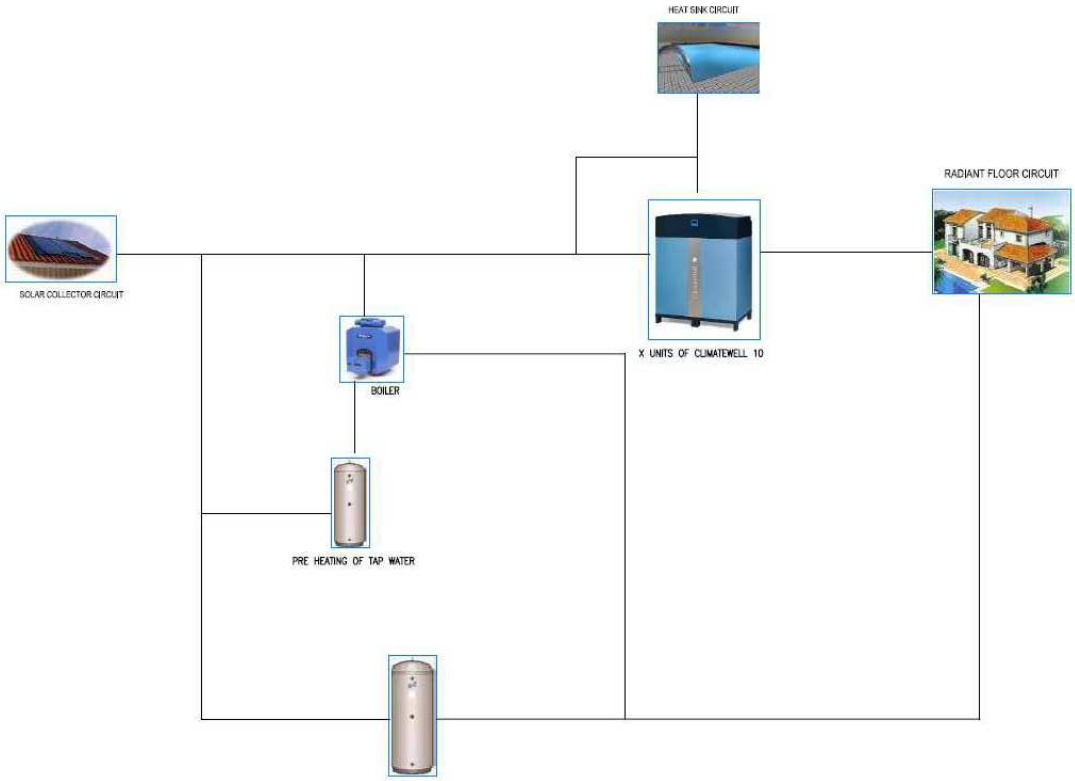
4.3 Elección de los sistemas de distribución

En el caso de calefacción y refrigeración se ha de definir qué sistema de distribución se va a utilizar: radiadores, fan-coils, suelo radiante-refrescante, techo radiante-refrescante.

Esta decisión es muy importante porque va a definir las temperaturas de trabajo que se van a necesitar.

4.4 Dimensionamiento de los sistemas de generación para satisfacer las demandas.

Con los datos obtenidos podremos dimensionar los componentes del sistema.



5 Cálculo de demandas

5.1 Demanda de ACS

5.1.1 Demanda mensual de ACS

El procedimiento de actuación

1 Estimación del consumo de agua caliente sanitaria prevista del edificio, en litros/día.
2 Cálculo de las necesidades energéticas derivadas del consumo de agua caliente (kWh/año).
3 Determinación de la contribución solar mínima exigida en %
4 Cálculo de la producción energética solar mínima deseada, en KWh/año.

5.1.2 Estimación del consumo de agua caliente sanitaria prevista del edificio, en litros/día.

El cálculo de las necesidades de agua caliente sanitaria (en litros/día) es realizada a partir de unos valores unitarios que dependen del tipo de edificio.

Al igual que en este y otros cálculos nos guiaremos con las ordenanzas y códigos aplicables en Barcelona y España para tener unos estándares ampliamente comprobados.

Los valores mínimos se establecen en el anexo A del la Ordenanza Solar para el consumo unitario de agua caliente sanitaria a una temperatura de de 60ºC:

Tipus d'ús	Litres ACS/dia a 60ºC	Unitats
habitatges unifamiliars	30	*l/persona*
habitatges plurifamiliars	22	*l/persona*
hospitals i cl íniques (*)	55	*l/llit*
hotel **** (*)	70	*l/llit*
hotel *** (*)	55	*l/llit*
hotel ** (*)	40	*l/llit*
Hostals i pensions (*)	35	*l/llit*
càmpings	40	*l/emplaçament*
residències geri àtriques (*)	55	*l/persona*
Vestuaris / Dutxes col ·lectives	15	*Per servei*
escoles	3	*l/alumne*
Casernes (*)	20	*l/persona*
fàbriques i tallers	15	*l/persona*
oficines	3	*l/persona*
gimnasos	20	*l/usuari*
bugaderies	3	*l/ quilo de roba*
restaurants	5	*l/ àpat*
cafeteries	1	*l/dinar*

En uso residencial, el cálculo del número de ocupantes de un edificio se ha de realizar utilizando los valores mínimos según la Ordenanza Solar, en función del número de dormitorios de cada vivienda (Ordenanza Solar Anexo I, punto 2). [1]

Estudis d'un únic espai o habitatge d'un dormitori	1,5 persones
Habitatges de 2 dormitoris	3 persones
Habitatges de 3 dormitoris	4 persones
Habitatges de 4 dormitoris	6 persones
Habitatges de 5 dormitoris	7 persones
Habitatges de 6 dormitoris	8 persones
Habitatges de 7 dormitoris	9 persones
A partir de 8 dormitoris es valoraran les necessitats com si es tractessin d'hostals	

Cálculo:

En nuestro caso trabajamos en un edificio de apartamentos, de las cuales las 18 viviendas tienen 3 dormitorios en total.

Por tanto,

18 apartamentos de 3 dormitorios (4 personas por apartamento): 18 x 4 = 72 personas

Las necesidades de agua caliente sanitaria:

72 personas x 22 litros/persona día: **1.584 litros/día de agua caliente a 60ºC**

Según se indica en el Anexo I de la Ordenanza, en el diseño de la instalación solar se ha de prever también el consumo energético de los locales situados en edificios de apartamentos. [1] Sin embargo en nuestro caso no contamos con locales en ninguna parte del edificio por lo que hacemos caso omiso a este punto.

5.1.3 Cálculo de las necesidades energéticas derivadas del consumo de agua caliente (KWh/año)

Demanda energética total

La demanda energética total es la energía que requiere el sistema para poder suministrar la demanda de agua caliente a los usuarios. Es decir, la demanda calculada en base al consumo de agua, más las pérdidas de acumulación, distribución y/o recirculación del agua desde el punto del circuito hidráulico donde se realiza la aportación de energía convencional hasta los punto de consumo final. [2]

En una instalación centralizada las perdidas energéticas de las tuberías de distribución desde el acumulador convencional hasta los puntos terminales de consumo forman parte de la demanda total.

Cálculo de la demanda energética

La energía para el calentamiento de una determinada cantidad de agua des de la temperatura de agua fría de la red T_{AF} hasta la temperatura de referencia T_{ref} se puede calcular a partir de las expresiones siguientes:

$D_{ACS} = 4{,}18 \cdot Q_{ACS}(T_{ref}) \cdot (T_{ref} - T_{AF})/1000$ D_{ACS} en MJ/dia

$D_{ACS} = Q_{ACS}(T_{ref}) \cdot (T_{ref} - T_{AF})/860$ D_{ACS} en kWh/dia

Donde,

$Q_{ACS}(T_{ref})$ es el consumo de agua caliente sanitaria a la temperatura T_{ref} litros.

T_{AF} es la temperatura de agua fría ºC

La ordenanza indica unos valores mensuales de referencia para la temperatura del agua fría T_{AF}. Sin embargo para nuestro proyecto utilizaremos los valores estimados para la localidad donde se ubica nuestro proyecto.

El cálculo energético se realiza aplicando la formula indicada a cada uno de los meses del año.

El consumo de agua caliente, en litros/mes se calcula multiplicando el consumo diario por el número de días del mes. La temperatura del agua fría de la red es la que corresponde a cada mes.

Para el mes de Enero:

$Q_{ACS}(T_{ref}) = 31 \times 1.584 = 49.104$ litros

$T_{AF} = 10$ ºC

$D_{ACS} = 49.104 \times (60 - 10)/860 = 2.854{,}88$ kWh

1.584 litros/día		T_{AF}		
dias	Mes	ºC	Q_{ACS} (T_{ref})	D_{ACS}
31	**Enero**	10	49104	2854,88
28	**Febrero**	13	44352	2423,89
31	**Marzo**	15	49104	2569,40
30	**Abril**	19	47520	2265,49
31	**Mayo**	19	49104	2341,00
30	**Junio**	19	47520	2265,49
31	**Julio**	19	49104	2341,00
31	**Agosto**	15	49104	2569,40
30	**Septiembre**	15	47520	2486,51
31	**Octubre**	13	49104	2683,59
30	**Noviembre**	12	47520	2652,28
31	**Diciembre**	10	49104	2854,88
			total	***30307,81*** kWh/año

5.1.4 Determinación de la contribución solar mínima exigida en %

En el caso de instalaciones de producción de agua caliente sanitaria, la contribución solar mínima se establece en función de la demanda de gua caliente que necesita el edificio, en litros/día a 60ºC. [2]

Para nuestro edificio el cual necesita 1.584 litros /dia se requiere una contribución solar mínima del 60 %

5.1.5 Cálculo de la producción energética solar mínima exigida, en kWh/año.

La determinación de la cantidad de energía que ha de proporcionar la instalación solar se calcula mediante el producto de la demanda energética total por la contribución solar mínima exigida.

Cálculo:

El consumo del agua caliente sanitaria a 60ºC es de 1.584 litros/día

El cálculo de la demanda energética anual nos dio un resultado de 30.307,81 kWh/año

Para nuestro proyecto nos propondremos una contribución solar mínima del 60%

La producción solar mínima de la instalación solar será de:

30.307,81 x 0,60 = **18.184,69** kWh/año

5.2 Demanda de calefacción en épocas de frio

Cálculo de cargas térmicas

En general los métodos de cálculo para las cargas térmicas contemplan factores comunes.

Cálculo de cargas térmicas de calefacción (Invierno)

Para el cálculo de las necesidades de calefacción contempla la existencia de dos cargas térmicas, la carga térmica por transmisión de calor a través de los cerramientos hacia los locales no climatizados o el exterior, y la carga térmica por enfriamiento de los locales por la ventilación e infiltración de aire exterior en los mismos.

Cálculo de cargas térmicas de refrigeración (Verano)

En la época de demanda de frio se prevé la existencia de cargas térmicas sensibles, debidas a la diferencia de temperatura y a la radiación térmica, y cargas latentes, debidas a la aportación de humedad al aire.

Cálculo de cargas térmicas de calefacción (Invierno)

El conocimiento de las cargas térmicas de cada uno de los locales a calefactar es un paso previo para el dimensionamiento de la instalación [3]. Los procesos de cálculo siguen lo especificado en la NBE-CT-79
La carga térmica de un local indica las pérdidas energéticas (expresadas en W) que deben ser compensadas por el sistema de calefacción para lograr las condiciones interiores de confort deseadas. La expresión de cálculo de la carga térmica de un local sigue la siguiente expresión:

La expresión de cálculo de la carga térmica de un local sigue la siguiente expresión:

Q = Qt + Qv + Qi

- Q = Carga térmica de calefacción [W]
- Q_t = Carga térmica de transmisión de calor [W]
- Q_v = Carga térmica de ventilación [W]
- Q_i = Ganancia interna de calor [W]

5.2.1 Carga térmica de transmisión de calor

Expresa el concepto de pérdidas de calor a través de los cerramientos del local debido a la desigualdad térmica entre el interior y el exterior.

Qt = Qto· (1+ Zls + Zo)

Q_{to} = Pérdidas por transmisión sin suplementos [W]
Z_{ls} = Suplemento por interrupción de servicio [%]
Z_o = Suplemento por orientación [%]

5.2.2 Pérdidas por transmisión sin suplementos

Qto depende de las temperaturas interior y exterior, de la conductividad térmica de los cerramientos del local y de la magnitud de las superficies de transmisión de calor según la expresión:

Qto = Σ [K·A·(Ti-Te)]

- K = Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento [W/m2ºC]
- A = Superficie de transmisión de calor del cerramiento [m2]
- Ti = Temperatura interior de diseño del local [ºC]
- Te = Temperatura de cálculo exterior [ºC]

En el caso de cerramientos compuestos de varias capas con materiales diferentes, el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento se calcula como sigue:

K = 1 / [Σ(e/λ)+(1/hi)+(1/he)]

- e = Espesor de la capa [m]
- λ = Conductividad térmica del material de la capa [W/mºC]
- h_i = Coeficiente superficial de transmisión de calor interior [W/m2ºC]
- h_e = Coeficiente superficial de transmisión de calor exterior [W/m2ºC]

5.2.3 Suplemento por interrupción de servicio

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local para conseguir las condiciones de confort de diseño tras una interrupción del servicio de calefacción.

Su magnitud Z_{ls} depende de la clase de servicio (horas al día de interrupción del servicio de calefacción).

5.2.4 Suplemento por orientación

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local debido a la orientación de sus paredes exteriores.

5.2.5 Carga térmica de ventilación

La ventilación es la renovación del aire interior del local con objeto de mantener unas condiciones sanitarias adecuadas dentro del local. Puede ser espontánea (infiltraciones a

través de rendijas de puertas y ventanas) o forzada. La carga térmica de ventilación es, pues, la pérdida energética derivada de acondicionar térmicamente el aire entrante de acuerdo a la temperatura interior de diseño del local.

$Q_V = n \cdot V_a \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1{,}163$ [W]

n = n° de renovaciones de aire por hora [h^{-1}]

V_a = Volumen del local [m^3]

$\rho \cdot C_p$ = 0,299 Kcal/ m^3 ℃ (Densidad x Calor específico a presión constante del aire; es una constante).

T_i = Temperatura interior de diseño del local [℃]

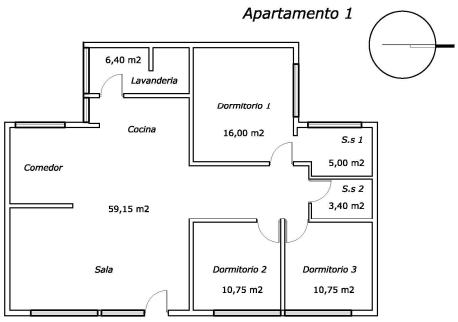
T_e = Temperatura de cálculo exterior [℃]

5.2.6 Ganancia interna de calor

Los locales a calefactar suelen contar con ganancias internas gratuitas de calor. Será un sumando negativo debido su carácter de ganancia energética. Han de incluirse cualesquiera aportaciones de una magnitud representativa para el cálculo de la carga térmica del local.

La ganancia calorífica derivada de la radiación solar incidente no se considera pues este factor será inexistente en la consideración de las condiciones exteriores para cálculo en calefacción. [3]

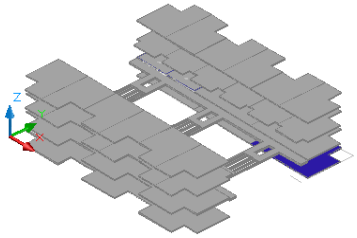
5.2.7 **Cálculo** (resumen orientativo)



Ahora bien, nuestro proyecto en función está formado por bloques de tres apartamentos dispuestos en tres plantas, por lo que tomando para el cálculo dos apartamentos de un bloque tendremos los datos que necesitamos para calcular el resto del edificio.

Altura entre forjados 3,0 metros.

Vista en planta de los apartamentos representativos para el cálculo:



Ver Anexo 2.

Total carga térmica:

Orientacion E

Bloque 1	Q [W]
Apartamento 1	7448,93
Apartamento 2	6973,8
Apartamento 3	7091,33
total	**21514,06**

Bloque 2	Q [W]
Apartamento 1	7448,93
Apartamento 2	6973,8
Apartamento 3	7091,33
total	**21514,06**

Bloque 3	Q [W]
Apartamento 1	7448,93
Apartamento 2	6973,8
Apartamento 3	7091,33
total	**21514,06**

total **64542,18**

Orientacion O

Bloque 1	Q [W]
Apartamento 1	8194,05
Apartamento 2	6962,58
Apartamento 3	7280,11
total	**22436,74**

Bloque 2	Q [W]
Apartamento 1	8194,05
Apartamento 2	6962,58
Apartamento 3	7280,11
total	**22436,74**

Bloque 3	Q [W]
Apartamento 1	8194,05
Apartamento 2	6962,58
Apartamento 3	7280,11
total	**22436,74**

total **67310,22**

Total, 18 apartamentos = 131.852,40 W

Ver Anexo 2.

5.3 Demanda de climatización en verano

5.3.1 Cálculo de cargas térmicas de refrigeración

El cálculo de cargas es la cantidad de energía que en forma de calor o frio hay que suministrar a un local, mediante un sistema de calefacción o refrigeración, para mantener las condiciones térmicas de diseño (temperatura y humedad).

Como es sabido un cálculo preciso del acondicionamiento del aire o carga de refrigeración es esencial para proyectar un sistema económico y eficaz.

Hay algunos métodos en bibliografía, que describen como realizar el cálculo de cargas analíticamente, los dominantes son el método Carrier y método ASHRAE.

Los modelos de cálculo de cargas que se encuentran en varios libros y manuales son en definitiva una reproducción de uno de los dos métodos. [6]

5.3.2 Balance térmico

El calor que entra como consecuencia de la diferencia de temperaturas se llama calor sensible y el que entra como consecuencia de la diferencia de humedades se llama calor latente. [6] Tanto la carga sensible como la latente se deben a distintos conceptos, que deben calcularse separadamente y que, en general, se conocen con el nombre de partidas; no se trata de otra cosa que las diferentes partes en que se divide el calor sensible y el calor latente. Estos conceptos diferentes o partidas son los siguientes:

Carga sensible

- Calor debido a la radiación solar a través de ventanas, claraboyas o lucernarios.
- Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techos.
- Calor debido a la transmisión (solo transmisión) a través de paredes y techo, no exteriores.
- Calor debido al aire de infiltraciones.
- Calor generado por las personas que ocupan el local.
- Calor generado por la iluminación del local.
- Calor generado por maquinas en el interior del local.
- Cualquier otro que pueda producirse.

Carga latente

- Calor debido al aire de infiltraciones.
- Calor generado por las personas que ocupan el local.
- Calor producido por cualquier otra causa.

Para determinar estas partidas nos enfocaremos en el “confort ambiental” y en “las condiciones exteriores del proyecto”.

5.3.3 Confort ambiental

En lo que todos llaman confort participan dos componentes complementarios.

El componente psicológico y

El componente fisiológico.

De las numerosas experiencias realizadas pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. Las condiciones de confortabilidad para un individuo están situadas entre límites muy estrechos.
2. Los valores de estos límites no son iguales para todas las personas.
3. No se han encontrado condiciones higrotérmicas que sean confortables para todas las personas.

5.3.4 Condiciones interiores de proyecto

En la práctica han sido elaboradas tablas que indican las condiciones de proyecto aconsejadas para varios tipos de instalaciones de acondicionamiento y toman implícitamente en consideración el aspecto económico de la instalación.

TIPO DE APLICACIÓN	VERANO					INVIERNO				
	DE LUJO		PRÁCTICA COMERCIAL			CON HUMECTACIÓN			SIN HUMECTACIÓN	
	Temperatur seca (°C)	Hum. rel. %	Temperatura seca (°C)	Hum. rel. %	Variación de temperatur (°C) **	Temperatur seca (°C)	Hum. rel. %	Variación de *** temperatur (°C)	Temperatur seca (°C)	Variación de temperat (°C) ***
CONFORT GENERAL Apartamento, Chalet hotel, Oficina, Colegio, Hospital, etc.	23 - 24	50-45	25-26	50-45	1 a 2	23-24	35-30	− 1,5 a − 2	24-25	− 2
TIENDAS COMERCIALES (Ocupación de corta duración) Bancos, Barbero y peluquería, Grandes almacenes, Supermercados, etc.	24-26	50-45	26-27	50-45	1 a 2	22-23	35-30 ****	− 1,5 a − 2	23-24	− 2
APLICACIONES DE BAJO FACTOR DE CALOR SENSIBLE (Carga latente elevada) Auditorio, Iglesia, Bar, Restaurante, Cocina, etc.	24- 26	55-50	26-27	60-50	0,5 a 1	22-23	40-35	− 1 a − 2	23-24	− 2
CONFORT INDUSTRIAL Secciones de montaje, Salas de máquinas, etc.	25-27	55-45	26-29	60-50	2 a 3	20-22	35-30	− 2 a − 3	21-23	− 3

Tabla 5.3.1: Condiciones de proyecto recomendadas para ambiente interior para [5]

Confort y normativa

En cuanto a la normativa vigente y confort térmico, el Reglamento de instalaciones Térmicas de los Edificios RITE, de obligado cumplimiento, en su apartado ITE 02, fija una serie de valores límite que se indican a continuación. [6]

Condiciones interiores

Las condiciones interiores de diseño se fijan en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta y, en general para verano, estarán comprendidas entre los siguientes límites:

Límites recomendados para las condiciones interiores de diseño [5]

Temperaturas operativas ºC	Velocidad media del aire m/s	Humedad relativa %
23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60

5.3.5 Condiciones exteriores de proyecto

Uno de los primeros pasos para realizar el cálculo de la carga térmica es establecer la temperatura ambiente deseada. La temperatura ambiente utilizada en los proyectos depende del clima de la zona donde va a instalarse el sistema.

El reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en su ITE 02.3 e ITE 03.3, nos remite a las normas UNE 100-001 y UNE 100-014 pero debido a que nuestro proyecto se encuentra fuera del contexto de este reglamento utilizaremos datos procedentes de fuentes de reconocida solvencia (instituto nacional de meteorología), para base de cálculo de las condiciones exteriores.

Condiciones climáticas para proyectos

OMD: Oscilación Media diaria

OMD: T media MAXIMA diaria – T media MINIMA diaria.

OMA: Oscilación Media Anual.

OMA: Ts Verano 1% - Ts INVIERNO 99%

Nivel Percentil = % No. Horas de los meses que definen las estaciones invierno y verano, durante las cuales las temperaturas indicadas son iguales o superiores (niveles indicados en la norma UNE 100.014 en función del tipo de aplicación).

Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.

Condiciones exteriores de cálculo para verano

Las condiciones extremas de proyecto para verano están basados en los percentiles de temperatura seca y húmeda de los meses que representan verano.

Para el cálculo de cargas térmicas máximas de verano con temperatura seca y húmeda se consideraran los siguientes niveles:

Nivel de 1%, hospitales, clínicas, salas de ordenadores y aquellos que se considere necesario tengan este grado de cobertura.

Nivel 2,5% edificios y espacios de especial consideración.

Nivel 5% condiciones general de diseño para cualquier tipo de espacio climatizado.

T_aS exterior verano corregida = T_aSverano – CSh – CSm

T_aH exterior verano corregida = T_aHverano – CHh – CHm

Siendo OMA = T_aSverano1% - T_aSinvierno99%

5.3.6 Radiación Solar

Aportación solar a través del vidrio ordinario

La ganancia de calor a través del vidrio ordinario depende de su posición geográfica (latitud), del instante considerado (hora, mes) y de la orientación de dicho vidrio.

El componente de radiación directa origina ganancia de calor en el espacio acondicionado solo cuando la ventana es atravesada por los rayos solares, mientras que el componente de radiación difusa origina ganancias de calor cualquiera que sea la posición de la ventana en relación con el sol.

El cristal ordinario absorbe una débil proporción de la radiación solar (5% al 6%) y refleja o transmite el resto. La cantidad reflejada o refractada depende del ángulo de incidencia, siendo este el comprendido entre la perpendicular a la superficie del vidrio y los rayos del sol. Para pequeños ángulos de incidencia se transmite de un 86% a un 87% y se refleja de un 8% a un 9%. Cuando aumenta el ángulo de incidencia aumenta también el calor reflejado y disminuye el transmitido. La ganancia total por insolación comprenderá el calor transmitido más un 40%, aproximadamente, del calor absorbido por el cristal. [6]

Figura 5.3.2: Máximos aportaciones solares a través de cristal sencillo. [5]

kcal/ (hora) (m²)

LATITUD NORTE	MES	ORIENTACIÓN (LATITUD NORTE) N**	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.	MES	LATITUD SUR
0°	Junio	160	423	398	113	38	113	398	423	612	Diciembre	0°
	Julio y Mayo	130	414	412	141	38	141	412	414	631	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	67	382	442	214	38	214	442	382	664	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	27	320	452	320	38	320	452	320	678	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	27	214	442	382	92	382	442	214	664	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	27	141	412	414	181	414	412	141	631	Julio y Mayo	
	Diciembre	27	113	398	423	222	423	398	113	612	Junio	
10°	Junio	108	414	420	149	38	149	420	414	659	Diciembre	10°
	Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	623	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	24	100	387	436	287	273	387	100	569	Julio y Mayo	
	Diciembre	24	75	371	442	324	442	371	75	547	Junio	
20°	Junio	70	417	433	198	38	198	433	417	678	Diciembre	20°
	Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	669	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	27	235	442	379	176	379	442	235	631	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	24	141	398	433	301	433	398	141	564	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488	Julio y Mayo	
	Diciembre	21	48	328	452	404	452	328	48	461	Junio	
30°	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	678	Diciembre	30°
	Julio y Mayo	43	355	444	271	81	271	444	355	667	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	29	292	447	349	170	349	447	292	637	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	21	105	366	442	393	442	366	105	485	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	19	43	314	439	431	439	314	43	393	Julio y Mayo	
	Diciembre	16	32	284	439	442	439	284	32	355	Junio	
40°	Junio	46	360	439	301	146	301	439	360	642	Diciembre	40°
	Julio y Mayo	40	344	444	339	187	339	444	344	631	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	29	276	439	395	276	396	439	276	580	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	24	157	404	439	379	439	404	157	496	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	19	94	330	442	439	442	330	94	349	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	13	32	271	423	450	423	271	32	279	Julio y Mayo	
	Diciembre	13	27	233	401	447	401	233	27	230	Junio	
50°	Junio	43	341	444	366	252	366	444	341	596	Diciembre	50°
	Julio y Mayo	38	317	442	387	287	387	442	317	572	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	13	78	284	425	452	425	284	78	254	Agosto y Abril	
	Nov. y Enero	10	24	173	344	414	344	173	24	143	Julio y Mayo	
	Diciembre	8	19	127	314	382	314	127	19	108	Junio	
		S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.		
		ORIENTACIÓN (LATITUD SUR)										

Coeficiente de corrección	Marco metálico o ningún marco × 1/0,85 ó 1,17	Limpidez − 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5° C − 5 % por 4° C	Punto de rocío inferior a 19,5° C + 5 % por 14° C	Latitud Sur Dic. o Enero + 7 %

* Valores extraídos de la Tabla 15.

** Las aportaciones para los cristales orientados al norte (Latitud Norte) o al sur (Latitud Sur) se constituyen principalmente de radiación difundida, la cual es sensiblemente constante durante todo el día. Los valores indicados son promedios tomados sobre 12 horas (de 6 a 18 horas). Los factores de almacenamiento en las Tablas 7 hasta 11 suponen que las aportaciones solares sobre orientaciones Norte (o Sur) son constantes, y se emplean en consecuencia los mismos factores que para el valor lumínico.

La presente da las insolaciones correspondientes a las latitudes de 0º, 10º, 20º, 30º, 40º y 50º, para cada mes del año y cada hora del día. Los valores de esta tabla incluyen la radiación directa, la radiación difusa y la porción de calor absorbido por el vidrio que penetra en el ambiente. No incluyen la cantidad de calor que se transmite a través del vidrio debido a la diferencia de temperaturas existentes entre el exterior y en interior del mismo, cantidad que se calculara aparte, simplemente, multiplicando la superficie del vidrio por si coeficiente global de transmisión y por la diferencia de temperaturas entre aire interior y aire exterior. Los datos de la tabla están basados en las siguientes hipótesis: [5]

- Una superficie acristalada igual al 85% de la sección de la abertura en la pared, de forma que el 15% representa el marco.
- Atmosfera limpia.
- Altitud 0 metros, nivel del mar.
- Temperatura de rocío del aire exterior igual a 19,5ºC a nivel del mar.

En el caso de que las hipótesis precedentes no concuerden con la realidad es necesario como en nuestro caso aplicar algunos coeficientes de corrección:

Marco metálico: multiplicar por 1,17.

Niebla: multiplicar por 0,85, máximo.

Altitud: añadir el 0,7% por cada 300 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Punto de rocío: por cada 4ºC de aumento (disminución) del punto de rocío del aire exterior con respecto a 19,5ºC, sustraer (añadir) el 5%.

Es importante añadir que los valores de la radiación solar para latitudes sur, y para los meses de diciembre y enero, deben aumentarse en un 7%.

En nuestro caso no tendremos en cuenta factores de reducción de la radiación solar a través del vidrio debido a gruesos mayores o tratamientos especiales que aumenten el coeficiente de absorción.

5.3.7 Determinación del calor debido a la radiación a través de ventanas.

Para calcular esta partida será preciso:

- Conocer la orientación de la ventana.
- Elegir una hora solar de cálculo, generalmente entre las 12 y las 16 horas.
- Elegir un día determinado, que generalmente es el 23 de julio o el 24 de agosto.
- Conocer la altitud de la ventana.
- Determinar el factor de atenuación del vidrio, con lo cual será preciso conocer:
    - El tipo de vidrio.
    - Si posee persiana:
    - El color
    - La ubicación (exterior o interior)
    - Si el marco es metálico.

Con estos datos se busca en:

-la tabla 3.1.3.2.el valor de la radiación solar unitaria R, en kcal/h m^2.

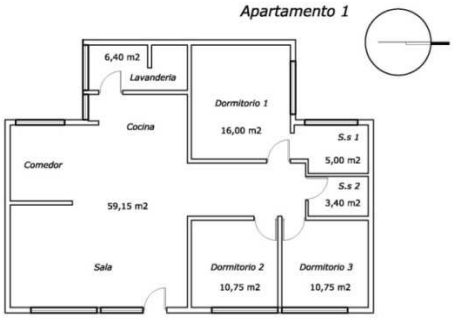
-el factor de atenuación Fa.

El calor debido a la radiación es sensible y valdrá:

$Q_{sr} = S \cdot R \cdot f$

Por f se indica el producto de todos los factores de corrección a que hubiera lugar.

Cálculo base



Tipo de local = dormitorio principal

Ganancia máxima para ventana con orientación norte.

Hora solar de cálculo = Julio, 15 horas.

Según la tabla 3.1.3.3 el valor unitario R es de 94 kcal/h x (m^2 de abertura).

Coeficientes de corrección a las ganancias por insolación (pie de la tabla 3.1.3.2).

Tabla 5.3.3: aportaciones solares a través de vidrio sencillo.[5]

10º 10º

0º LATITUD NORTE		HORA SOLAR													0º LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época
21 Junio	N	51	119	135	122	119	116	111	116	119	122	135	119	5	S	22 Diciembre
	NE	149	355	414	379	287	176	75	38	38	35	29	21	5	SE	
	E	146	363	420	377	265	111	38	38	38	35	29	21	5	E	
	SE	48	132	149	116	67	38	38	38	38	35	29	21	5	NE	
	S	5	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	5	N	
	SO	5	21	21	35	38	38	38	38	67	116	149	132	48	NO	
	O	5	21	21	35	38	38	38	111	265	377	420	363	146	O	
	NO	5	21	21	35	38	48	75	176	287	379	414	355	149	SO	
	Horizontal	10	119	290	450	556	631	659	631	556	450	290	119	10	Horizontal	
22 Julio y 21 Mayo	N	13	92	105	94	89	84	81	84	89	94	105	92	13	S	21 Enero y 21 Noviembre
	NE	113	344	401	360	295	151	59	38	38	35	29	19	2	SE	
	E	135	366	428	385	265	116	38	38	38	35	29	19	2	E	
	SE	70	154	179	151	86	38	38	38	38	35	29	19	2	NE	
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2	N	
	SO	2	19	29	35	38	38	38	38	86	151	179	154	70	NO	
	O	2	19	29	35	38	38	38	116	265	385	428	364	135	O	
	NO	2	19	29	35	38	38	59	151	295	360	401	344	113	SO	
	Horizontal	8	113	290	450	569	640	669	640	569	450	290	113	8	Horizontal	
24 Agosto y 20 Abril	N	2	40	43	40	40	38	38	38	40	40	43	40	2	S	20 Febrero y 23 Octubre
	NE	46	306	352	301	217	92	38	38	38	35	29	19	2	SE	
	E	67	374	442	404	282	124	38	38	38	35	29	19	2	E	
	SE	48	214	254	230	162	73	38	38	38	35	29	19	2	NE	
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2	N	
	SO	2	19	29	35	38	38	38	73	162	230	254	214	48	NO	
	O	2	19	29	35	38	38	38	124	282	404	442	374	67	O	
	NO	2	19	29	35	38	38	38	92	217	301	352	306	46	SO	
	Horizontal	5	103	284	452	577	656	678	656	577	452	284	103	5	Horizontal	
22 Septiembre y 22 Marzo	N	2	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	2	S	22 Marzo y 22 Septiembre
	NE	2	241	279	217	122	46	38	38	38	35	29	16	2	SE	
	E	2	352	444	409	287	127	38	38	38	35	29	16	2	E	
	SE	2	263	344	330	254	151	57	38	38	35	29	16	2	NE	
	S	2	16	35	51	65	73	75	73	65	51	35	16	2	N	
	SO	2	16	29	35	38	38	57	151	254	330	344	263	2	NO	
	O	2	16	29	35	38	38	38	127	287	409	444	352	2	O	
	NO	2	16	29	35	38	38	38	46	122	217	279	241	2	SO	
	Horizontal	2	84	263	433	561	637	669	637	561	433	263	84	2	Horizontal	
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	13	27	35	38	38	38	38	38	35	27	13	0	S	20 Abril y 24 Agosto
	NE	0	157	179	119	75	38	38	38	38	35	27	13	0	SE	
	E	0	320	420	393	271	108	38	38	38	35	27	13	0	E	
	SE	0	279	398	404	333	219	124	48	38	35	27	13	0	NE	
	S	0	48	108	149	176	192	198	192	176	149	108	48	0	N	
	SO	0	13	27	35	38	48	124	219	333	404	398	279	0	NO	
	O	0	13	27	35	38	38	38	108	271	393	420	320	0	O	
	NO	0	13	27	35	38	38	38	38	75	119	179	157	0	SO	
	Horizontal	0	59	230	377	523	596	623	596	523	377	230	59	0	Horizontal	
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S	21 Mayo y 23 Julio
	NE	0	73	100	46	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE	
	E	0	268	387	358	252	105	38	38	35	32	24	10	0	E	
	SE	0	268	414	436	396	295	189	84	46	32	24	10	0	NE	
	S	0	94	176	246	260	282	287	282	260	246	176	94	0	N	
	SO	0	10	24	32	46	84	189	295	396	436	414	298	0	NO	
	O	0	10	24	32	35	38	38	105	252	358	387	268	0	O	
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	46	100	73	0	SO	
	Horizontal	0	46	168	355	474	547	569	547	474	355	168	46	0	Horizontal	
22 Diciembre	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S	`21 junio
	NE	0	40	75	46	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE	
	E	0	233	371	352	246	113	38	38	35	32	24	10	0	E	
	SE	0	268	417	442	404	328	214	97	62	32	24	10	0	NE	
	S	0	135	200	254	295	314	325	314	295	254	200	135	0	N	
	SO	0	10	24	32	62	97	214	328	404	442	417	268	0	NO	
	O	0	10	24	32	35	38	38	113	246	352	371	233	0	O	
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	46	75	40	0	SO	
	Horizontal	0	38	179	325	452	523	547	523	452	325	179	38	0	Horizontal	

Correcciones	Marco metálico o ningún marco × 1/0,85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5 °C − 14 % por 10° C	Punto de rocío superior a 19,5° C + 14 % por 10° C	Latitud sur Dic. o enero + 7 %

kcal/h × (m² de abertura)

40º **40º**

0º LATITUD NORTE		HORA SOLAR													0º LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época
21 Junio	N	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	32	54	86	|S|	22 Diciembre
	NE	320	360	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16	SE	
	E	341	436	439	385	257	119	38	38	38	35	32	27	16	E	
	SE	138	238	295	301	268	192	92	38	38	35	32	27	16	NE	
	S	16	27	32	51	94	119	146	119	94	51	32	27	16	N	
	SO	16	27	32	35	38	38	92	192	268	301	295	238	138	NO	
	O	16	27	32	35	38	38	38	119	257	385	439	436	341	O	
	NO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	360	320	SO	
	Horizontal	84	222	363	485	569	629	642	629	569	485	363	222	84	Horizontal	
22 Julio y 21 Mayo	N	65	38	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65	S	21 Enero y 21 Noviembre
	NE	287	344	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13	SE	
	E	320	436	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13	E	
	SE	146	260	322	339	298	222	113	40	38	35	32	27	13	NE	
	S	13	27	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13	N	
	SO	13	27	32	35	38	40	113	222	298	339	322	260	146	NO	
	O	13	27	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	320	O	
	NO	13	27	32	35	38	38	38	38	70	179	284	344	287	SO	
	Horizontal	65	198	341	463	550	610	631	610	550	463	341	198	65	Horizontal	
24 Agosto y 20 Abril	N	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19	S	20 Febrero y 23 Octubre
	NE	184	276	222	124	43	38	38	38	38	35	29	21	8	SE	
	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8	E	
	SE	130	284	374	396	377	290	179	67	38	35	29	21	8	NE	
	S	8	21	65	138	241	263	276	263	241	138	65	21	8	N	
	SO	8	21	29	35	38	67	179	290	377	396	374	284	130	NO	
	O	8	21	29	35	38	38	38	122	273	393	439	398	227	O	
	NO	8	21	29	35	38	38	38	38	43	124	222	276	184	SO	
	Horizontal	24	127	271	406	501	556	580	556	501	406	271	127	24	Horizontal	
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	13	24	32	35	35	38	35	35	32	24	13	0	S	22 Marzo y 22 Septiembre
	NE	0	138	157	70	35	35	38	35	35	32	24	13	0	SE	
	E	0	314	404	377	268	122	38	35	35	32	24	13	0	E	
	SE	0	257	390	439	425	360	244	111	38	32	24	13	0	NE	
	S	0	32	119	219	298	330	379	330	298	219	119	32	0	N	
	SO	0	13	24	32	38	111	244	360	425	439	390	257	0	NO	
	O	0	13	24	32	35	35	38	122	268	377	404	314	0	O	
	NO	0	13	24	32	35	35	38	35	35	70	157	138	0	SO	
	Horizontal	0	57	181	336	414	477	496	477	414	336	181	57	0	Horizontal	
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	5	16	27	29	32	32	32	29	27	16	5	0	S	20 Abril y 24 Agosto
	NE	0	94	89	32	29	32	32	32	29	27	16	5	0	SE	
	E	0	230	317	330	238	105	32	32	29	27	16	5	0	E	
	SE	0	219	358	336	442	390	290	170	54	27	16	5	0	NE	
	S	0	57	160	282	371	417	439	417	371	282	160	57	0	N	
	SO	0	5	16	27	54	170	290	390	442	336	358	219	0	NO	
	O	0	5	16	27	29	32	32	105	238	330	317	230	0	O	
	NO	0	5	16	27	29	32	32	32	29	32	89	94	0	SO	
	Horizontal	0	21	78	173	273	333	349	333	273	173	78	21	0	Horizontal	
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0	S	21 Mayo y 23 Julio
	NE	0	0	32	19	24	27	29	27	24	19	8	0	0	SE	
	E	0	0	246	271	200	89	29	27	24	19	8	0	0	E	
	SE	0	0	295	390	423	390	314	189	73	19	8	0	0	NE	
	S	0	0	160	282	377	428	450	428	377	282	160	0	0	N	
	SO	0	0	8	19	73	189	314	390	423	390	295	0	0	NO	
	O	0	0	8	19	24	27	29	89	200	271	246	0	0	O	
	NO	0	0	8	19	24	27	29	27	24	19	32	0	0	SO	
	Horizontal	0	0	43	116	198	249	279	249	198	116	43	0	0	Horizontal	
22 Diciembre	N	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0	S	21 Junio
	NE	0	0	19	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0	SE	
	E	0	0	195	233	184	84	27	27	24	16	5	0	0	E	
	SE	0	0	238	363	401	385	311	198	81	19	5	0	0	NE	
	S	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0	N	
	SO	0	0	5	19	81	198	311	385	401	363	238	0	0	NO	
	O	0	0	5	16	24	27	27	84	184	233	195	0	0	O	
	NO	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	19	0	0	SO	
	Horizontal	0	0	21	86	149	206	230	206	149	86	21	0	0	Horizontal	

Correcciones	Marco metálico o ningún marco × 1/0,85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5º C − 14 % por 10 ºC	Punto de rocío superior a 19,5 ºC + 14 % por 10º C	Latitud sur Dic. o Enero + 7 %

Tabla 5.3.3: aportaciones solares a través de vidrio sencillo. [5]

Las hipótesis utilizadas para establecer los valores de la tabla 3.1.3.3 no se aplican a todas las localidades debido a que la mayoría de los núcleos urbanos se encuentran por encima del nivel del mar, el punto de roció que corresponde a las condiciones exteriores del proyecto es distinto de 19,5 y su atmosfera no puede considerarse limpia.

En al caso concreto del proyecto en análisis

Altitud 1592 m

Punto de roció 23 ºC

Latitud 14º N

Para determinar las ganancias máximas por insolación tendremos:

Si suponemos que la atmosfera no está muy limpia, se aplicara un coeficiente de corrección de 0,90.

Corrección por altitud: + 3,71 %

Diferencia de punto de roció: 23 – 19,5 = 3,5 ºC

Corrección de punto de roció:

1+(3,5/10x0,14)= 1,05

Las ganancias caloríficas solares corregidas serán,

94 x 0,90 x 3,71 x 1,05 = **329,55 kcal/h · m^2**.

Transmisión de calor a través de la estructura del edificio

Al existir una diferencia de temperatura entre dos puntos de un mismo cuerpo, se establece un flujo de calor desde el punto caliente hacia el punto frio. La cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo depende de la resistencia que ofrezca el cuerpo entre los dos puntos considerados.

a) Resistencia térmica

La resistencia térmica se define como la inversa de la conductividad y se simboliza por la letra R.

$R = \frac{e}{\lambda}$

b) Coeficiente de transmisión K

El coeficiente de transmisión del calor K, de muros, techos, soleras, paredes, puertas y ventanas, expresa el numero de kcal que una estructura dada, con caras planas y paralelas, transmite en condiciones de régimen permanente, cada hora, por metro cuadrado de superficie y por ºC de diferencia de temperatura entre los ambientes separados por la citada estructura.

Físicamente se distinguen tres modos de transmisión de calor:

- Conducción, consiste en la transferencia de calor realizada por intercambio de energía entre las partículas próximas.
- Convección, en los fluidos (líquidos o gases), las diferencias de temperaturas reinantes en el seno de la masa del fluido provocan variaciones de densidad. Estas diferencias de densidad crean en el seno mismo del fluido unos movimientos conocidos por movimientos de convección, que tienden a igualar las temperaturas.
- Radiación, tiene lugar cuando el calor se transmite sin ningún agente material intermedio.

5.3.8 Transmisión de calor a través de las paredes exteriores.

Las ganancias de calor por las paredes exteriores (muros y techumbres) se calculan a la hora de máximo flujo térmico, y se deben, no solo a la diferencia entre las temperaturas del aire que baña sus caras exteriores e interiores, sino también al calor solar absorbido por las exteriores. La insolación y la diferencia de la temperatura exterior y la interior son esencialmente variables en el transcurso del día, por lo que la intensidad del flujo a través de la estructura exterior es inestable. Por lo tanto se ha recurrido al concepto empírico de "diferencia equivalente de temperatura", definida como la diferencia entre las temperaturas de aire interior y exterior capaz que resulta del flujo calorífico total a través de la estructura originado por la radiación solar variable y la temperatura exterior. Esta diferencia equivalente de temperatura a través de la estructura debe tener en cuenta los diferentes tipos de construcción y orientaciones, situación del edificio (latitud) y las condiciones del proyecto:

$q = K\,A\,\Delta\,t_e$

En la que:

q = flujo de calor kcal/h

K = coeficiente global de transmisión kcal/h·m^2·ºC.

A = superficie considerada en metros cuadraros.

Δt_e = diferencia equivalente de temperatura en ºC.

La capacidad térmica de una pared o de un tejado es la densidad por el calor específico y por el volumen de su material.

La evaluación de la ganancia de calor (soleamiento y transmisión a través del techo y las paredes exteriores) puede efectuarse mediante el uso de los datos de temperatura equivalentes presentados en la tabla 3.1.3.5.

Fundamento de las tablas 5.3.4 y 5.3.5.

Las tablas 5.3.4 y 5.3.5 se han calculado por el método de Schmidt, basado en las siguientes condiciones:

1. Intensidad de la radiación solar en Julio y a 40º de latitud Norte.
2. Intervalo de variación de 11 ºC de la temperatura seca exterior en 24 horas.
3. Temperatura máxima exterior de 35 ºC y temperatura interior de proyecto 27 ºC; es decir, 8 ºC de diferencia.
4. Un coeficiente de absorción de paredes y techos de 0,90. Este coeficiente de absorción es de 0,50 para las paredes de color claro y de 0,70 para las de color medio.
5. Las horas indicadas son horas solares.

El calor especifico de la mayoría de los materiales de construcción es, aproximadamente 0,20 kcal/kg·ºC y, por lo tanto, la capacidad térmica de las paredes y techos normales es proporcional a su peso por m^2, lo que permite interpolar entre los valores de la tabla.

Para condiciones distintas a las que han servido de base para la construcción de las tablas, como en el caso de nuestro proyecto, se aplicaran las correcciones necesarias para un cálculo más aproximado.

Tabla 5.3.4: Diferencia equivalente de temperatura (ºC) [5]

Muros soleados o en sombra*

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40º de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO ***	HORA SOLAR																						
		MAÑANA							TARDE											MAÑANA				
	(kg/m²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	5,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9
	700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	1,1	0,5
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5

Tabla 5.3.5: Diferencia equivalente de temperatura (ºC) [5]

TECHO SOLEADO O EN SOMBRA *

Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h., mes de Julio y 40° de latitud Norte **

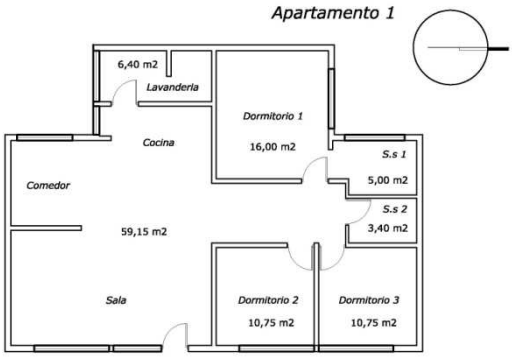
CONDICIONES	PESO DEL TECHO ***	HORA SOLAR																						
		MAÑANA							TARDE											MAÑANA				
	(kg/m²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25,0	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7
	100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3
	300	5,0	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15,0	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2	6,1
	400	7,2	6,7	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	20,6	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15,0	12,8	11,1	10,0	7,8
Cubierto de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	5,5	8,9	10,6	12,2	11,1	10,0	8,9	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2	-2,8
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,9	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0
Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,1	-1,7	-1,7
	200	-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5,0	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	0	-0,5	-0,5
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5
(en la sombra)	100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5,0	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	-2,8
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1

Tabla 5.3.6: Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (ºC) [5]

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,8	-29,3	-29,8
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,8	-25,3	-25,8
- 8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,8	-21,3	-21,8
- 4	- 9,2	- 9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,8	-17,3	-17,8
0	- 5,0	- 5,5	- 6,1	- 6,6	- 7,1	- 7,6	- 8,0	- 8,5	- 8,9	- 9,4	- 9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,6	-13,1	-13,6
+ 2	- 3,1	- 3,6	- 4,2	- 4,7	- 5,2	- 5,6	- 6,1	- 6,6	- 7,0	- 7,5	- 7,9	- 8,4	- 8,9	- 9,3	- 9,8	-10,6	-11,1	-11,7
+ 4	- 1,1	- 1,6	- 2,2	- 2,7	- 3,2	- 3,6	- 4,1	- 4,6	- 5,0	- 5,5	- 5,9	- 6,4	- 6,9	- 7,3	- 7,8	- 8,6	- 9,1	- 9,7
+ 6	0,8	0,3	- 0,3	- 0,8	- 1,3	- 1,7	- 2,2	- 2,7	- 3,1	- 3,6	- 4,0	- 4,5	- 5,0	- 5,4	- 5,9	- 6,7	- 7,2	- 7,8
+ 8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	- 0,7	- 1,1	- 1,6	- 2,0	- 2,5	- 3,0	- 3,4	- 3,9	- 4,7	- 5,2	- 5,8
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	- 0,1	- 0,6	- 1,1	- 1,5	- 2,0	- 2,8	- 3,3	- 3,9
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	- 0,1	- 0,7	- 1,2	- 1,8
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,2
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,3

Calor por Transmisión y Radiación en paredes y techos exteriores

Cálculo base



Tipo de local = dormitorio principal

Pared exterior Norte,

Debido a que las condiciones consideradas para el proyecto en función son distintas de las que han servido de base a la construcción de las Tabla 5.3.4, se aplicaran correcciones a los valores.

La nueva diferencia de temperatura equivalente podrá determinarse por la relación empírica siguiente:

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \frac{Rs}{Rm} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

Δt_e = Diferencia equivalente corregida.

a = Corrección proporcionada por la Tabla 3.1.3.6, teniendo en cuenta:

un incremento distinto de 8 ºC entre las temperaturas interior y exterior (esta última tomada a las 15 horas del mes considerado).

Una variación de la temperatura seca exterior distinta de 11 ºC.

Δt_{es} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared a la sombra.

Δt_{em} = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared soleada (Tabla 5.3.4).

b = Coeficiente que considera el color de la cara exterior de la pared.

Paredes de color claro *b* = 0,55.

R_s = Máxima insolación (kcal/h· m^2), correspondiente al mes y latitud supuestos, a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada (en el caso de pared); u horizontal (techo), tabla 3.1.3.2.

R_m = Máxima insolación (kcal/h· m^2) en el mes de Julio, a 40º de latitud Norte, a través de una superficie acristalada, vertical, para la orientación considerada (pared), u horizontal (techo), tabla 3.1.3.2.

Nota: Para las paredes a la sombra, cualquiera que sea su orientación:

$\Delta t_{em} = \Delta t_{es}$, de donde $\Delta t_e = a + \Delta t_{es}$

Temperatura exterior en Julio a las 15 horas.

28 ºC y queremos mantener 24 ºC en el interior

28 – 24 = 4ºC

De donde a = -5,9 a las 15 horas.

Pared = aglomerado hueco, arena y grava, dos caras con revestimiento = 270 kg/m^2

Δt_{es} = 4,4

Δt_{em} = 0

b = 0,55 color crema.

R_s = 94 kcal/h· m^2

R_m = 35 kcal/h· m^2

$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \frac{Rs}{Rm} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$, $\Delta t_e = -5,9 + 4,4 + 0,55 \frac{94}{35} (0-4,4)$

$\Delta t_e = - 1,5 + 0,55 (2,685) (0-4,4)$ $\Delta t_e = - 1,5 + 1,477 (-4,4)$

Δt_e = - 1,5 – 6,5 = 8ºC

Flujo de calor kcal/h

$q = K A \Delta t_e$, $q = 1,81 \cdot 6,4 \cdot 8$, ***q* = 92,67 kcal/h**

Si en un cerramiento exterior existen puertas, ventanas, claraboyas y/o puentes térmicos, el concepto de “diferencia equivalente de temperatura”, para el cálculo del calor por conducción en dichos elementos, deja de tener sentido y se transforma en la diferencia de temperaturas del aire a ambos lados del cerramiento. En este caso se emplea:

c) Perdidas de calor a través de ventanas, puertas, claraboyas y/o puentes térmicos exteriores.

q_s = K·A·(TE-TL)
q_s = flujo de calor kcal/h, transmitido por la ventana, puerta, claraboya.

K = coeficiente global de transmisión kcal/h·m^2·ºC.
A = superficie considerada en metros cuadraros.
TE = temperatura exterior de proyecto.
TL = temperatura interior del local.

Cálculo base

Tipo de local = dormitorio principal

Ventana exterior Norte,

$q_s = K \cdot A \cdot (TE-TL)$

$q_s = 5,5 \cdot 2 \cdot (28-24)$, **$q_s = 44$ kcal/h**

d) Perdidas de calor a través de paredes, suelos, techos, vidrios, puertas y puentes térmicos interiores.

El flujo térmico a través de la construcción interior (suelos, techos, tabiques, vidrios, puertas y puentes térmicos) esta originado por la diferencia de temperatura del aire a ambos lados de la estructura. ***Diferencia que es sustancialmente constante y, por lo tanto, el flujo térmico se puede determinar por las ecuaciones correspondientes al estado estacionario***, utilizando las temperaturas reales existentes en ambos lados.

$q_s = K \cdot A \cdot (TLC-TL)$

q_s = flujo de calor kcal/h, transmitido por la pared, suelos, techo, vidrio, puerta y/o puentes térmicos interiores.
K = coeficiente global de transmisión kcal/h·m^2·ºC.
A = superficie considerada en metros cuadraros.
TL = temperatura interior del local.
TLC = temperatura del local contiguo.

5.3.9 Infiltraciones

Las infiltraciones, y en particular, la entrada en el local acondicionado del vapor de agua que resulta de ellas, constituyen un origen de importantes ganancias o pérdidas de calor. El caudal de aire de infiltración varía según la estanqueidad de las puertas y ventanas, la porosidad de las paredes del edificio, su altura, escaleras, ascensores, dirección y velocidad del viento, y caudales relativos de aire de ventilación y de extracción. Muchos de estos factores no pueden ser calculados con exactitud y deben ser objeto de una estimación más o menos empírica. [6]

Las infiltraciones en verano provienen, sobre todo, de la acción del viento sobre la fachada expuesta al mismo.

La determinación del aire de infiltración en los locales habitados ha sido objeto de una serie de profundos estudios; de entre ellos destacan:

- Norma UNE 7357-74.
- Método de las superficies.
- Método de las rendijas.

Los dos últimos son los más fáciles de usar y los comúnmente utilizados; ***sin embargo, la ausencia completa de viento durante los días de máxima carga en verano hace que normalmente pueda despreciarse esta partida.***

5.3.10 Ventilación

El aire exterior de ventilación

En la respiración, el organismo absorbe oxigeno del aire (20 l/h a 25 l/h en reposo, 40 l/h a 50 l/h en una actividad media) y expulsa anhídrido carbónico, vapor de agua y diversos gases orgánicos. La cantidad de aire fresco requerido para la respiración humana es

realmente pequeña e insuficiente para un buen confort, puesto que intervienen dos factores más: [6]

- La supresión de olores debidos a los ocupantes, al tabaco o a otras fuentes.
- La disminución de la concentración de dióxido de carbono. En principio, la concentración de CO_2 en el aire no debe pasar de 0,1 por 100 en volumen.

La tasa de renovación necesaria varia, principalmente, con el número de ocupantes, la altura del techo (volumen de aire) y el número de fumadores. Aunque para suprimir los olores corporales baste con un caudal de aire exterior de 8,5 m^3/h por persona, se recomienda proveer 13 m^3/h.

En nuestro caso nos guiaremos de los mismos valores utilizados en el cálculo de la carga térmica para calefacción.

Calor sensible y latente procedente del aire de ventilación

Esta partida la designaremos por q_{SV} y q_{LV}, en kcal/h y se obtendrá aplicando la formula:

q_{SV} = V·(TE-TL)·0,29, q_{LV} = V·(WE-WL)·0,72 Siendo:

q_{SV} = calor sensible debido a la ventilación, viene dado en kcal/h.

q_{LV} = calor latente debido a la ventilación, viene dado en kcal/h.

TE = temperatura exterior de proyecto, en ºC.

TL = temperatura interior del local, en ºC.

WE = humedad absoluta en g/kg del aire exterior del local, extraído del diagrama psicrométrico.

WL = humedad absoluta en g/kg del aire interior del local, extraído del diagrama psicrométrico.

V = caudal de ventilación en m^3/h.

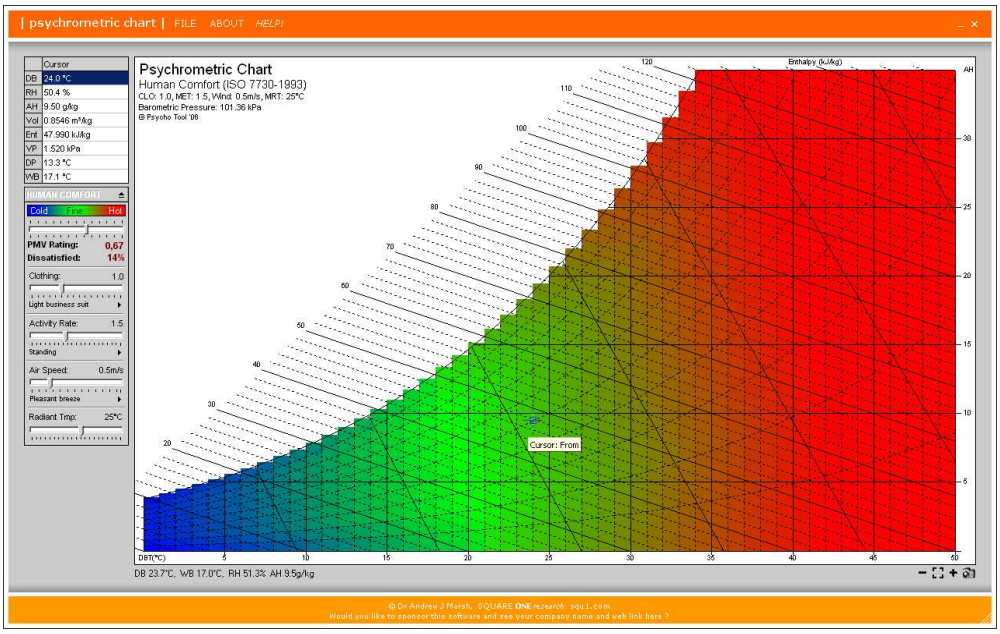
Cálculo base

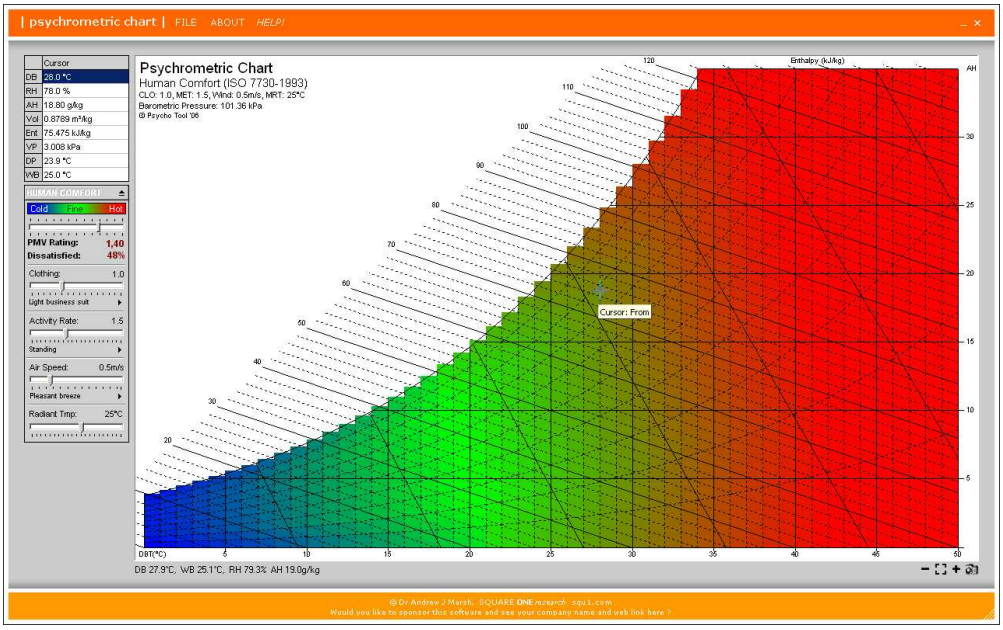
Tipo de local = dormitorio principal

V = 14,4 por persona, = 28,8 m^3/h

q_{SV} = V·(TE-TL)·0,29, **q_{SV}** = 28,8 · (28-24)·0,29 = **33,40 kcal/h**

q_{LV} = V·(WE-WL)·0,72, **q_{LV}** = 28,8 · (WE-WL)·0,72 = **192,84 kcal/h**





5.3.11 Cargas térmicas internas

Estas cargas representan las aportaciones de calor sensible y latente a los ambientes acondicionados originadas en el interior de los mismos.

Las fuentes más comunes son: las personas que se encuentran en los locales, la iluminación, eventuales maquinas que funcionen en los citados locales, la introducción de materiales o productos a temperatura superior a la temperatura ambiente o que emitan vapor.

Ganancias debidas a los ocupantes

En el cuerpo humano se producen unas transformaciones exotérmicas cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad desarrollada. La temperatura interior más favorable a estas transformaciones es de 37ºC, con una tolerancia muy pequeña. El cuerpo humano es capaz de mantener esta temperatura dentro de variaciones bastante amplias de la temperatura ambiente, gracias a su facultad de expulsar hacia el exterior una cantidad más o menos importante del calor desarrollado.

Este calor llega a la epidermis a través de la circulación sanguínea y se disipa:

- Hacia las paredes del local, por radiación.
- Hacia el aire ambiente, por convección en la epidermis y vías respiratorias.
- Hacia el aire ambiente, por evaporación en la epidermis y vías respiratorias.

Los valores de la tabla 5.3.7 se han determinado basándose en la cantidad media de calor desarrollada por un hombre adulto de 68 kg de peso para diferentes grados de actividad y de una manera general para una permanencia en los locales acondicionados superior a tres horas. También se ha tenido en cuenta el hecho de que las cantidades de calor desarrolladas por una mujer y un niño son el 85% y el 75%, respectivamente, de las desarrolladas por un hombre.

Tabla 5.3.7 Ganancias debidas a los ocupantes [6]

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (kcal/h)	Metabolismo medio * (kcal/h)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	139											
Sentado, de pie	Farmacia	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
De pie, marcha lenta	Banco	139											
Sentado	Restaurante **	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Baile o danza	Sala de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante penoso	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Trabajo penoso	Pista de bowling *** Fábrica	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

Calor generado por las personas que ocupan un local

Esta partida tiene en cuenta el calor sensible y latente debido a la actividad que realizan y a la temperatura de sus ocupantes. En la tabla 1.1.16, se encuentra el calor sensible unitario CS y el calor latente unitario CL. Ambos en kcal/(h pers.).

Al calor generado por esta partida se la llamara QSP y QLP, respectivamente, y valdrá:

$Q_{SP} = C_S \cdot N$

$Q_{LP} = C_L \cdot N$

Siendo N el número de personas que ocupan el local.

Cálculo base

Tipo de local = dormitorio principal

2 personas

$Q_{SP} = C_S \cdot N$, **Q_{SP}** = 61 · 2 = **122 kcal/h**

$Q_{LP} = C_L \cdot N$, **Q_{LP}** = 52 · 2 = **104 kcal/h**

Ganancias debidas al alumbrado

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción.

Las lámparas de incandescencia transforman en luz, aproximadamente, un ***10% de la energía absorbida***, mientras que el resto se transforma en calor que se disipa por radiación, convección y conducción.

La iluminación produce calor sensible que hay que tener en cuenta.

Si la iluminación es incandescente:

Incandescente Q_{SIL} = Potencial útil en vatios · 0,86 en kcal/h.

Si la iluminación es fluorescente:

Fluorescente Q_{SIL} = Potencial útil en vatios · 1,25 en kcal/h.

Cálculo base

Tipo de local = dormitorio principal

Iluminación incandescente 100 W.

Q_{SIL} = Potencial útil en vatios · 0,86 en kcal/h.

Q_{SIL} = 100 · 0,86 en kcal/h, **Q_{SIL} = 86 kcal/h**.

5.3.13 Cálculo de las cargas totales

Carga sensible efectiva parcial y carga latente efectiva parcial

La carga sensible efectiva parcial, QSEP, es la suma de todas las cargas sensibles, es decir:

$Q_{SEP} = \Sigma Q_S$

La carga latente efectiva parcial, QLEP, es la suma de todas las cargas latentes, es decir:

$Q_{LEP} = \Sigma Q_L$

Carga sensible efectiva total y carga latente efectiva total

Son las parciales, aumentadas en tanto por ciento de seguridad, con el fin de asegurar el haber calculado todas las posibilidades de producción e ingreso de calor en el local. Es preferible calcular la carga térmica, ligeramente por exceso que por defecto.

Usualmente se considera de un 5% a un 10% de aumento. Se propone un 10%.

Datos generales

Tipo de local					
Superficie del local			16		m2
Ocupación			2		Personas
Temperatura exterior			28		ºC
Temperatura interior			24		ºC
Humedad relativa interior	50	%	**Humedad absoluta interior**	9,5	g/kg
Mes de calculo			Julio		
Hora solar de calculo			15		
Localidad			Guatemala		
Altitud			1.592		m
Oscilación media diaria			7		ºC

Apartamentos orientados al Este Techo exterior
Bloque 1
Apartamento 1; apartamento 2, valores equivalentes.
Dormitorio principal

Radiación solar

	Superficie (m2)		Radiación unitaria (kcal/hm2)	Factores de atenuación	(kcal/h)
Ventana	2	N	329,55		**659,10**
					659,10 kcal/h

Radiación y transmisión (paredes y techos exteriores)

	Superficie (m2)		Coeficiente de transmisión (kcal/hm2°C)	DTE °C	(kcal/h)
Pared	6,40	S	1,81	2,07	**23,98**
Pared	11,25	O	1,81	1,48	**30,14**
Techo	16,00		1,37	2,42	**53,05**
					107,16 kcal/h

Transmisión (ventanas, paredes interiores y suelo)

	Superficie (m2)	Coeficiente de transmisión (kcal/hm2°C)	ΔT °C	(kcal/h)
Ventana	2,00	5,50	4	**44,00**
Pared interior	11,25	1,81	0	**0,00**
Suelo	16,00	0,57	0	**0,00**
				44,00 kcal/h

Ventilación

	Caudal m3/h	ΔT °C		(kcal/h)
Aire ventilación sensible	28,80	4,00	0,29	**33,41**
	Caudal	**Δw gr/kg**		
Aire ventilación latente	28,80	9,30	0,72	**192,84**
				226,25 kcal/h

Ocupantes

	Calor sensible persona (kcal/h)	Numero de personas	(kcal/h)
Personas, sensible	61,00	2,00	**122,00**
	Calor latente persona	**Numero de personas**	
Personas, latente	52,00	2,00	**104,00**
			226,00 kcal/h

Iluminación	W		(kcal/h)
Incandescente	100,00	0,86	86,00
			86,00 kcal/h

Carga efectiva parcial	ΔT °C	(kcal/h)
Carga sensible efectiva parcial		1051,67
Carga latente efectiva parcial		296,84

Carga efectiva total	Factor de seguridad		(kcal/h)
Carga sensible efectiva Total	1,05		1104,25
Carga latente efectiva Total	1,05		311,69
Carga efectiva total (A+B)			1415,94 kcal/h

Total carga térmica:

Orientación E

Bloque 1	kcal/h
Apartamento 1	10105,17
Apartamento 2	10235,72
Apartamento 3	10235,72
total	**30576,61**

Bloque 2	kcal/h
Apartamento 1	10105,17
Apartamento 2	10235,72
Apartamento 3	10235,72
total	**30576,61**

Bloque 3	kcal/h
Apartamento 1	10105,17
Apartamento 2	10235,72
Apartamento 3	10235,72
total	**30576,61**

total **91729,83**

Orientación O

Bloque 1	kcal/h
Apartamento 1	31737,82
Apartamento 2	31737,82
Apartamento 3	31607,28
total	**95082,92**

Bloque 2	kcal/h
Apartamento 1	31737,82
Apartamento 2	31737,82
Apartamento 3	31607,28
total	**95082,92**

Bloque 3	kcal/h
Apartamento 1	31737,82
Apartamento 2	31737,82
Apartamento 3	31607,28
total	**95082,92**

total **285248,76**

Vemos una considerable diferencia de cargas energéticas entre los apartamentos, los que se encuentran orientados al Oeste tienen una mayor ganancia de calor debido a la radiación solar que incide en sus fachadas. Para el cálculo total de las cargas energéticas asumiremos que estos apartamentos tienen las mismas cargas energéticas que los orientados al Este ya que estas ganancias de calor podremos evitarlas con el uso de sistemas de protección solar externos e internos para la protección solar.

Así, 91729,83 x 2 = 183459,66 kcal/h

183459,66 kcal/h x 1,16 = 212813,20 W

Total	**212.813,20 W**

Estos resultados evidencian la necesidad de diseñar y construir edificios bien orientados para evitar este tipo de ganancias de calor, que fácilmente pueden ser evitados con un diseño acertado.

Ver Anexo 1

5.4 Resultados

En capítulos posteriores compararemos estos resultados con dimensiones equivalentes para sacar importantes conclusiones y criterios de dimensionamiento.

5.4.1 ACS:

Para cubrir la totalidad de la demanda necesitamos,

30.307,81 kWh año.

5.4.2 Calefacción:

Para cubrir la totalidad de la demanda necesitamos una potencia de igual a:

131.852,40 W

5.4.3 Refrigeración:

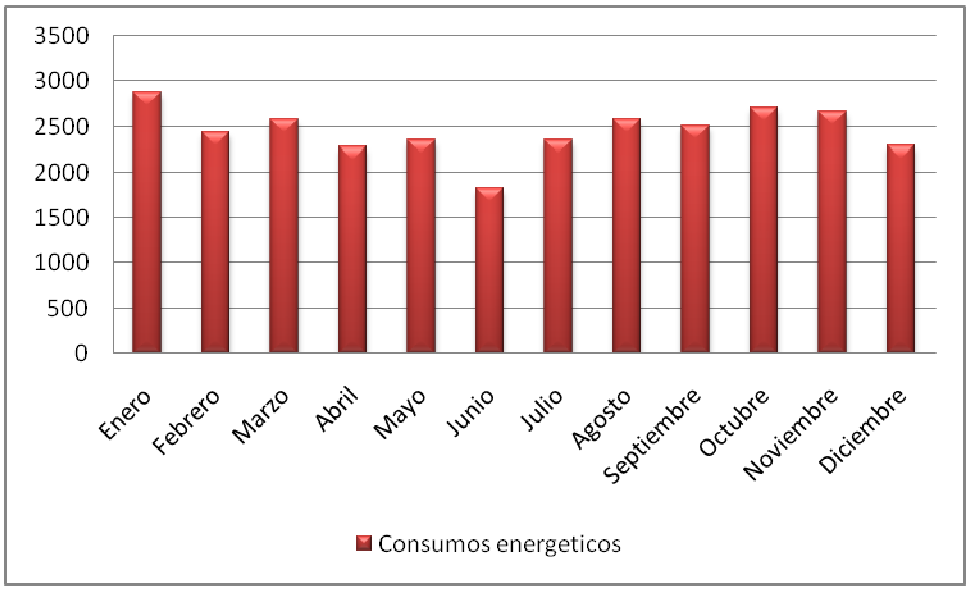
Para cubrir la totalidad de la demanda necesitamos una potencia de igual a:

212.813,20 W

5.5 Análisis de resultados

ACS:

Vemos un consumo energético muy homogéneo a lo largo de todo el año para el consumo de ACS, presenta algunos picos muy moderados en el mes de enero por ejemplo cuando la temperatura es relativamente baja.



Gráfica: 5.5.1 Consumos energéticos ACS, kWh.

Calefacción:

El cálculo de las cargas energéticas lo hicimos tomando un mes extremo como referencia, sin embargo no todos los meses demandaran la misma energía, además tampoco se usara a lo largo de las 24 horas que forman el día, ni tampoco todos los días del mes. Por este motivo hemos estimado una demanda mensual partiendo del mes de enero como referencia en donde las temperaturas son más bajas. Con una media de 6 horas de demanda al día.

Estos cálculos dan un total de energía necesaria igual a **107826,93 kWh** a lo largo del periodo de uso al año.

Temperatura media diurna ºC	TminPro ºC	Tmedia ºC	TmaxPro ºC	días	Mes	% demanda	KWh	horas uso	KWh mes
8	10	19	24,2	31	**Enero**	100%	131,85	6	24524,10
11	13,3	19	25	28	**Febrero**	80%	105,48	6	17720,64
13	13,3	19	25,3	31	**Marzo**	50%	65,925	6	12262,05
13	17,3	20,5	26,5	31	**Octubre**	50%	65,925	6	12262,05
12	15,4	18,9	25,1	30	**Noviembre**	80%	105,48	6	18986,40
10	14,5	19,4	24,6	31	**Diciembre**	90%	118,665	6	22071,69

Tabla: 5.5.2 Demanda de energía, calefacción. kWh.

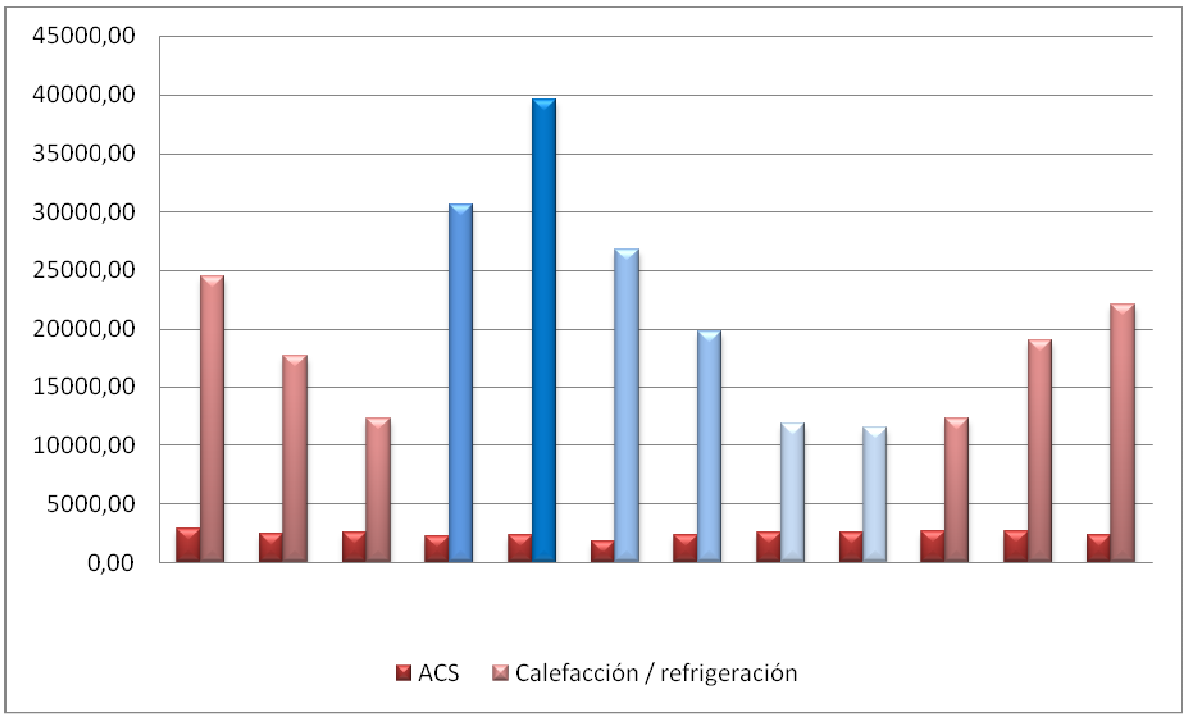
Refrigeración:

Al igual que en el cálculo de las cargas energéticas para calefacción tomamos un mes extremo como referencia, en este caso es aun más la diferencia entre los meses con demanda de refrigeración, incluso hemos dejado afuera del cálculo los meses en donde se considera que la temperatura no amerita el uso del sistema de climatización.

Estos cálculos dan un total de energía necesaria igual a **116832,69 kWh** a lo largo del periodo de uso al año.

Temperatura media diurna ºC	TminPro ºC	Tmedia ºC	TmaxPro ºC	días	Mes	% demanda	KWh	horas uso	KWh mes
15	16,1	21,5	27,4	30	**Abril**	80%	170,248	6	30644,64
16	15	21,5	26,5	31	**Mayo**	100%	212,81	6	39582,66
16	17	20,8	26,3	30	**Junio**	70%	148,967	6	26814,06
16	16,9	21,2	26,1	31	**Julio**	50%	106,405	6	19791,33

Tabla: 5.5.3 Demanda de energía, calefacción. kWh.



Gráfica: 5.5.4 Consumos energéticos, ACS, calefacción y refrigeración, kWh.

Desde ya podemos sacar importantes conclusiones en cuanto a las necesidades energéticas del proyecto para cubrir las demandas.

Vemos una demanda excesiva en los meses de abril a Julio, los cuales concuerdan con la temporada de calor, en donde necesitaremos refrigerar nuestros apartamentos para lograr el

confort deseado, sin embargo podemos definir que estos picos son debidos en gran manera a las características de los cerramientos que conforman el edificio, los cuales no tienen ningún tratamiento para aislarlos a las temperaturas exteriores y además son cerramientos muy ligeros y porosos. Como se menciono antes en la zona de nuestro proyecto no existen épocas de temperaturas extremas.

En el pais no existe ningun reglamento, codigo u ordenanza que cumplir en cuanto a edificacion por tal motivo casi la totalidad de las construcciones no cuentan con ningun tratamiento en los cerramientos con el fin proteger los ambientes interiores contra el frio o calor. Debido a esto es que en el interior de los ambientes se acusan temperaturas muy sensibles que pueden provocar sensacion de mucho frio o mucho calor. Otro valor que incremento el resultado del calculo de las cargas termicas en epocas de calor (verano) es el de las perdidas por ventilacion ya que este proyecto como la gran mayoria tampoco cuenta con un sistema de ventilacion general que permita conservar el calor interno de los locales, debiendose ventilar los locales a traves de la apertura de puertas y ventanas.

6 Elección de los sistemas de generación y distribución

Podremos utilizar la energía solar para obtener ACS para todas las viviendas y también para apoyo a la calefacción en invierno, conducimos la energía solar por ClimateWell y obtendremos agua fría para la refrigeración.

Definiremos los sistemas auxiliares a utilizar para garantizar siempre la demanda.

6.1 Sistemas de generación

6.1.1 Energía solar

Utilizaremos la energía solar térmica para obtener ACS para todas las viviendas y para el apoyo a la demanda de calefacción en épocas de frio y en verano procesamos la energía solar por ClimateWell y de esta forma obtendremos apoyo a la demanda de agua fría para la refrigeración.

ClimateWell, equipo de climatización solar

Funcionamiento

ClimateWell lleva conectados tres circuitos externos:

- Fuente térmica de calor (por ejemplo, colectores solares).
- Sistema de distribución de aire acondicionado para refrigerar y calentar (por ej. suelo radiante, fan coils).
- Disipador de calor para carga y descarga (por ejemplo, piscina, torre de refrigeración, condensador refrigerado por aire o agujeros geotérmicos).

ClimateWell es una máquina de absorción modular que se distingue de las máquinas estándar de absorción de tipo bromuro de litio básicamente en tres aspectos:

- Cuenta con un depósito almacén interno en cada uno de los dos acumuladores. De esta forma la máquina puede almacenar energía química con una gran densidad. Esta energía puede ser utilizada por consiguiente tanto para refrigerar como para calentar. Es importante señalar que lo que se almacena es energía química, y no energía térmica.
- Funciona de manera intermitente con dos acumuladores en paralelo (Barril A y Barril B).
- Ha sido diseñado para emplear unas temperaturas relativamente bajas, con lo que está optimizado para su empleo con colectores térmicos solares. También funciona con una temperatura estable en el interior de los acumuladores, lo cual, por su parte, permite un uso eficaz de los colectores térmicos solares.

ClimateWell está compuesto por dos “barriles”, cada uno de ellos con un reactor y un condensador/ evaporador. Los dos barriles pueden funcionar en paralelo.

Fuente térmica de calor

ClimateWell recibe su energía en forma de agua caliente de la fuente térmica de calor. La fuente térmica de calor podrían ser paneles solares térmicos, district heating o calor residual de una planta de cogeneración (CHP).

Durante la carga, el agua procedente de la fuente térmica necesita estar por lo menos 50º C por encima de la temperatura del disipador de calor. Si la fuente térmica es de colectores solares, entonces esta temperatura dependerá de la potencia suministrada por los colectores solares. Esto, a su vez, depende de la radiación solar, de las dimensiones y de la eficiencia de los colectores y del caudal de circuito. Es importante señalar que ClimateWell no necesita que se controle la temperatura o el flujo, sino que se cargará únicamente con diferentes potencias dependiendo de la temperatura y del caudal.

En la mayoría de los casos, cuando se haga funcionar el sistema con energía térmica solar, se recomienda instalar una fuente térmica de apoyo, como puede ser una pequeña caldera a gas o un sencillo elemento eléctrico instalado en paralelo para impulsar la temperatura de la fuente térmica en el caso de períodos de frío/ lluviosos prolongados.

Refrigeración

El Proceso

El agua retorna del sistema de distribución a una temperatura superior a la que deja el condensador / evaporador (hemos refrigerado el edificio). Este calor hace que el agua del evaporador entre en ebullición y el vapor pase al reactor, donde se condensa, ya que el reactor está más frío en relación. El vapor que se condensa en agua en el reactor diluirá la solución LiCl.

Datos Dimensionales

Es importante señalar que las bajas temperaturas del disipador de calor mejoran la capacidad de refrigeración de ClimateWell, con lo que es importante la selección de las dimensiones del disipador de calor para optimizar el rendimiento y minimizar costes. La temperatura del disipador de calor dependerá de las condiciones ambientales y de la eficiencia del disipador de calor. Si aumenta la carga de refrigeración en el edificio hasta el punto de alcanzar la potencia máxima de la máquina, la temperatura del circuito de distribución comenzará a aumentar lentamente, pero seguirá refrigerando el edificio. La temperatura interior aumentará, pero seguirá siendo inferior a la exterior. Normalmente no se recomienda que haya una gran diferencia entre la temperatura interior y exterior cuando haga mucho calor en el exterior. [12]

Calefacción

El Proceso

La calefacción o calentamiento no es más que el proceso inverso a la refrigeración, lo que significa que la energía cargada es extraída en forma de calor mediante la conexión del condensador / evaporador al disipador de calor y el reactor al sistema de distribución.
El agua retorna del sistema de distribución a una temperatura inferior a la que deja el reactor (hemos calentado el edificio). Esta agua hace que el agua del condensador / evaporador entre en ebullición y el vapor pase al reactor. El vapor que se condensa en agua, que se diluirá en una solución LiCl en el reactor.

Datos Dimensionales

Cabe destacar a señalar que para utilizar ClimateWell como bomba de calor en invierno, necesario disponer de una fuente para poder extraer energía durante la descarga. Dicho de otra forma, el disipador de calor deberá ser, por ejemplo, una piscina, unos bucles geotérmicos o un condensador refrigerado por aire utilizado durante el día. Utilice el gráfico que se muestra a continuación para obtener la potencia calentadora a diferentes temperaturas de disipador de calor. La temperatura del disipador de calor nunca deberá descender por debajo de 0º C ya que, de lo contrario, podría congelarse el agua del evaporador. Con un disipador de calor bien dimensionado, es posible incrementar la eficiencia de una caldera hasta un 160 % durante el invierno y seguir utilizando los colectores solares para agua caliente doméstica.
La fuente térmica puede, por supuesto, conectarse directamente al sistema de distribución y, así, dar calor sin pasar por ClimateWell. Todo exceso de energía podrá ser cargado en

ClimateWell y ser utilizado posteriormente para calentar o refrigerar, tal y como hemos descrito anteriormente. El caudal típico del circuito de distribución del edificio es de 15 l/min.

6.1.2 Energía auxiliar

Ahora queda pensar en que sistemas auxiliares se utilizaran para garantizar siempre la demanda, es decir:

- Para la producción de ACS se pueden utilizar sistemas independientes por cada apartamento o uno centralizado (recomendado)
- Para la calefacción también se pueden usar sistemas independientes o centralizados. En cualquier caso hay que elegir entre: Biomasa, bomba de calor geotérmica, gasóleo, gas natural, caldera eléctrica (no recomendada)
- Para la refrigeración tenemos el mismo caso que para calefacción aunque en este caso hemos de elegir entre maquina enfriadora de aire o bomba de calor geotérmica.

Si se quisiera hacer un proyecto realmente eficiente y con el máximo de ahorro energético es recomendable utilizar una caldera de biomasa pequeña para el ACS y una bomba de calor geotérmica para la calefacción y climatización.

Para nuestro proyecto sin embargo utilizaremos para la producción de ACS una caldera eléctrica centralizada que aunque no es la recomendada es la que se encuentra actualmente en uso.

El uso de la bomba geotérmica para la calefacción y climatización es muy interesante y representara grandes ahorros energéticos, sin embargo no entraremos en más discusión sobre el tema en el presente proyecto, ya que el tema amerita un profundo análisis.

6.2 Sistema de distribución

Entre los sistemas de distribución que podemos adaptar al equipo de generación tenemos:

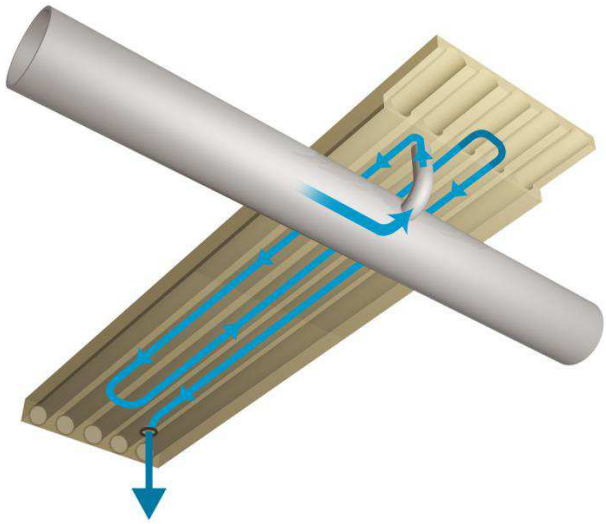
TermoDeck

El sistema de placas alveolares de hormigón TermoDeck constituye una de las soluciones de climatización con mayor eficiencia energética del mercado, y proporciona unos niveles de confort muy altos. Esto se consigue añadiendo una fuente de almacenamiento térmico en la distribución de aire: el propio edificio.

TermoDeck se puede combinar con todo tipo de unidades de distribución de aire. Normalmente mediante UTAs ubicadas en el techo, donde los conductos de aire de suministro se extienden en vertical hasta cada planta del edificio, y en horizontal en los falsos techos. Unos pequeños conductos de derivación suministran el aire a cada placa, y este aire entra en la habitación a través de difusores fijados a la salida de las placas. Los difusores suelen colocarse cerca de muros externos, o en oficinas extendidas de manera uniforme por el falso techo. El aire de retorno se suele transferir al corredor central por plenum y es retornado a la UTA de manera convencional.

Los principales conductos de distribución del pasillo tienen una construcción similar a la de los sistemas convencionales. La principal diferencia es que cada placa alveolar estructural recibe una pequeña cantidad de aire desde el conducto principal de suministro.

El sistema TermoDeck difiere de las tecnologías convencionales en que su integración a la arquitectura del edificio es total. Incluso los sistemas de conductos para el suministro de aire, que tradicionalmente son conductos de acero, son en este caso las mismas placas alveolares de hormigón.



Flujo de aire dentro de las planchas huecas.

TermoDeck utiliza la capacidad de almacenamiento térmico del conjunto de la estructura del edificio para regular la temperatura interna. La efectividad del conjunto térmico del edificio se mejora pasando aire de suministro a través de la placa alveolar antes de la entrada en la sala a climatizar. Así las placas funcionan como intercambiadores de calor entre el aire de suministro y las distintas salas a climatizar

Las placas alveolares de techo/suelo cumplen varios propósitos: a parte del principal de conformar el suelo estructural, transportan aire fresco hacia el interior del edificio y sirven de almacén de energía.

Las placas se integran en el edificio situándose el conducto principal de suministro en los pasillos. No se necesita ningún conducto aparte y, por lo tanto, ningún falso techo en las distintas salas a climatizar. Por ello, el diseñador de interiores tiene total libertad para ubicar o reubicar en el futuro las distintas distribuciones de las distintas salas.

Inductores o vigas frías

En aplicaciones con UTA, en áreas o zonas con altas cargas térmicas tales como salas de reuniones o de conferencias, es muy recomendado el uso de inductores o vigas frías.

Estos sistemas son muy efectivos y fácilmente instalables, y al requerir una mayor temperatura del agua para evitar la condensación dentro de las unidades, son ideales para ser conectados al circuito de distribución de la ClimateWell SolarChiller.

La carga base en estas zonas viene suministrada por la UTA, y las cargas pico la suministran estos módulos refrigerantes, a menudo con difusores incorporados.

Además mediante los inductores o vigas frías se pueden controlar la temperatura de cada zona o área independiente mediante sensores, ya que mediante válvulas se regula el caudal de agua de cada uno de ellos con el fin de mantener la temperatura de confort deseada de cada área según las cargas térmicas. Ya que son muy fáciles de instalar, existen incluso algunos módulos diseñados para poder ser instalados en los falsos techos. Otra de las grandes ventajas de estos sistemas de distribución es que no producen ruido alguno.

Sistemas radiantes

Los circuitos de distribución parten desde la ClimateWell SolarChiller hasta los colectores donde estos distribuyen las idas y retornos a las distintas zonas a climatizar. En los colectores, la distribución ha de calibrarse hidráulicamente según las pérdidas de carga de las distintas zonas y será aquí donde se regulará de forma automática la circulación del agua a cada zona de acuerdo con las necesidades térmicas. Los colectores serán instalados en posiciones centradas con respecto a las zonas a las que presten servicio para así equilibrar las pérdidas de carga de las distintas zonas a climatizar. Se necesita al menos una válvula electrónica para cada zona controlada por termostato, y cada colector contará como máximo de 12 circuitos. Para un máximo confort, se recomienda el uso de un termostato por zona (dormitorio, cocina, etc).

Para conseguir una máxima eficacia del sistema, se aconseja un trazado de los circuitos de doble serpentín o de espiral. Las tuberías de ida y retorno deben estar siempre contiguas, para que en todo momento una tubería caliente se encuentre junto a una tubería fría. Este diseño asegura un mayor confort con una homogeneidad térmica en toda la distribución.

Para la calefacción, lo recomendable es una separación de 20 cm entre tuberías, siendo para refrigeración de 15 cm (excepto en cuartos de baño, donde la separación debe ser de 10 cm). El tipo de tubería y la separación debe ser idéntico en toda la instalación.

6.2.1 Suelo radiante

Para nuestro proyecto erigiremos el sistema de suelo radiante tanto para calefacción como para climatización, esto supone que vamos a trabajar con temperaturas de 40º C de ida y 30º C de retorno para calefacción y 15º C de ida y 20º C de retorno para climatización aproximadamente.

Sistemas radiantes

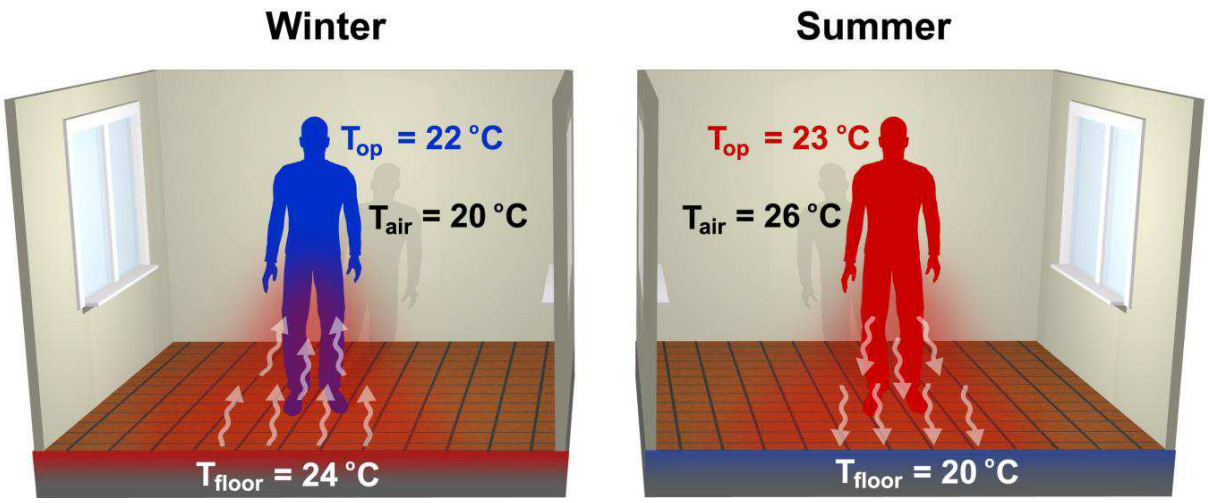
Los sistemas radiantes suelen estar diseñados para trabajar con temperaturas cercanas a la temperatura ambiente interna que se pretende conseguir. Esto es posible gracias a la gran superficie de contacto que existe entre la distribución de calefacción/refrigeración y la superficie radiante, y entre esta y el aire interno de la zona a climatizar. Por ello, estos sistemas son muy eficientes, ya que requieren menos energía que otros sistemas para mantener la temperatura de confort. El principal inconveniente de estos sistemas es que sólo abarcan cargas de refrigeración sensibles.

Perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano.

Analizando el perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano se puede ver que el sistema de suelo radiante es el que mejor se ajusta.

Este perfil es aquel según el cual la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza.

Esto da como resultado una percepción, por parte del usuario del sistema, de una mayor sensación de confort.



La temperatura percibida por una persona (temperatura operativa) depende de la temperatura del aire del ambiente y de la temperatura radiante de todas las superficies que rodean a dicha persona. Esto significa que la temperatura ambiente puede ser más baja en invierno y más alta en verano, con el mismo nivel de confort. Es por tanto, considerable el ahorro de energía que se consigue comparándolo con un sistema basado en la convección.

Emisión térmica uniforme.

El emisor térmico es la totalidad del suelo del área de cada local a calefactar.

Esto permite a que la emisión térmica sea uniforme en toda la superficie. Evitando tener un número limitado de emisores como pasa con otros sistemas de calefacción, tanto en “zonas calientes” y “zonas frías”.

Calefacción sin movimientos de aire.

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. La temperatura de las superficies emisoras (pavimento) de un sistema de calefacción por suelo radiante es baja, esa diferencia de temperaturas de aire es muy reducida lo que origina que el movimiento de aire debido al sistema de calefacción sea imperceptible.

Una ausencia de movimiento de aire produce menor movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable.

Ahorro energético.

Para una misma sensación térmica percibida por el usuario, la temperatura ambiente de un local es inferior si dicho local se calefacta por suelo radiante a si se calefacta mediante otro sistema (radiadores, convectores de aire, etc.).

Al calefactar mediante otros sistemas la temperatura de las zonas elevadas del local es mayor (temperatura no sentida por el usuario), de lo que resulta que para la misma

sensación térmica sentida la temperatura ambiente interior en un sistema de calefacción por suelo radiante es comparativamente menor.

Al ser menor la temperatura ambiente interior también son menores las pérdidas energéticas (pérdidas por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que éstas son proporcionales a la diferencia de temperaturas entre el exterior del local y el interior.

Otro importante factor de ahorro energético lo constituye la disminución de pérdidas de calor en sala de calderas y en las conducciones hasta captadores debido a la ***menor temperatura del agua de impulsión y retorno*** en comparación con otros sistemas de calefacción.

Compatible con casi cualquier fuente de energía.

Este sistema es compatible con casi cualquier fuente de energía, debido a la moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema.

En particular, es el único sistema de calefacción que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos.

Calefacción invisible.

Llamada así pues los emisores de calor no son visibles.

Compatible con cualquier tipo de suelos.

El sistema de Suelo Radiante se instala en cualquier tipo de pavimento.

Este sistema de suelo radiante, tanto para calefacción como para climatización nos permitirá trabajar con temperaturas de 40ºC de ida Y 30ºC de retorno para calefacción y 15ºC de ida y 20 ºC de retorno para climatización aproximadamente.

En cambio si utilizáramos radiadores para calefactar necesitaríamos 70ºC aproximadamente para el agua y si la climatización la hiciéramos por ejemplo con fan-coils necesitaríamos diseñar el proyecto para conseguir agua a 7º mientras que si se utiliza una superficie radiante podemos trabajar a 15ºC.

El suelo radiante actúa además como un acumulador de calor: permite consumir energía en horas de bajo coste garantizando una sensación de confort durante las 24 horas del día teniendo el generador en funcionamiento entre 6 y 8 horas ya que una vez fuera de servicio el generador, el suelo disminuye entre 0,5-1ºC por hora su temperatura, es decir, tiene una inercia térmica baja.

7 Dimensionado de los componentes principales del sistema

7.1 Cálculo de Captadores

Comentarios generales:

Para el dimensionado de los componentes principales del sistema

Se debe tener en cuenta que la demanda de ACS la tenemos todo el año, sin embargo la calefacción solamente se tendrá en los meses de frio (invierno) y la refrigeración los meses de calor (verano), con lo cual la necesidad energética del edificio, para cualquiera que sea su uso será la suma de ACS + Calefacción en invierno ó ACS + Refrigeración en verano.

De cara al diseño real de la instalación tendremos dos opciones:

- Dos sistemas solares distintos y separados completamente: uno para dar abastecimiento de ACS y otro que de en invierno para calefacción y verano para ClimateWell
- Un sistema solar conjunto al que se le asigne la programación que se desee, de forma que si en algún momento se cubre la demanda de ACS porque baje excesivamente se utilizara ese campo solar para apoyar también a la climatización.

Por medio de una válvula separadora lograremos:

Que durante el invierno estemos siempre llevando la energía solar al acumulador, del que tomaremos energía para la calefacción y también producimos ACS.

Que durante el verano se pueda establecer una prioridad, por ejemplo. Cargar el acumulador para ACS hasta 50º - 60 ºC y en cuanto se consiga la válvula cambiaria y llevaría todo a ClimateWell. De esta forma se aprovecha al máximo la energía solar. Si se tuvieran dos campos de paneles separados puede darse el caso de que los paneles de ACS lleven el acumulador a 70ºC y a partir de ahí se detiene para no introducir más energía. En ese momento desperdiciaríamos la energía que recogen esos paneles.

Otro factor que nos determinara el número de captadores a instalar es el área que tengamos disponible para llevar a cabo la instalación, factor que muchas veces determina la viabilidad para realizar el proyecto.

Aportación solar

La estrategia para garantizar la energía necesaria cualquiera que sea su uso es:

- Aportar un porcentaje con solar
- El resto tiene que ser con un sistema auxiliar, a menos que el 100% se lo obtenga con solar.
- Esto significa que tanto para ACS, calefacción y climatización se va a lograr un aporte solar y el resto se tiene que obtener con el sistema auxiliar.

Habitualmente, con las energías renovables no buscamos satisfacer la potencia máxima de la instalación, sino satisfacer una fracción importante de la energía.

Con las renovables se juega con un punto muy importante; se sabe que en muchos casos como el nuestro las demandas de energía no son ni mucho menos cercanas a las potencias máximas de nuestros equipos.

Si multiplicamos por 0,7 Kw/m^2 [13] la superficie de captadores solares que queremos instalar en nuestro proyecto nos indicara la potencia que tenemos instalada en solar, el resultado será muy bajo comparado a la potencia máxima de las demandas. Pero si por el contrario se calcula la energía que ofrecen estos captadores nos resultara una fracción mayor de energía, que al fin y al cabo es lo que se traduce en el factor económico.

7.1.1 Cálculo de la superficie de captación necesaria (ACS)

Método de cálculo

La determinación de la superficie de captación necesaria se realiza mediante métodos o programas de cálculo energético de instalaciones solares. En general, estos métodos proporcionan la energía solar producida para una instalación a partir de la demanda energética considerada, de las condiciones meteorológicas del emplazamiento y de las características de la propia instalación.

Se ha de incluir como mínimo la siguiente información relativa al balance energético:

- Demanda de ACS a 60ºC,
- Energía solar aportada anualmente,
- Contribución solar, en %

Datos de partida

Los datos de partida son los mismos que ya utilizamos en capítulos anteriores para definir la demanda energética que requiere el proyecto. Cumpliendo con la ordenanza solar vigente que nos servirá como parámetro a seguir.

Como ya se indico esta ordenanza obliga la instalación de equipos de aprovechamiento solar que aporten el 60% de la energía media anual necesaria para el calentamiento de ACS a los edificios de nueva construcción o reformas integrales como sucede en nuestro caso.

Se utilizara un porcentaje mínimo para cubrir la energía anual necesaria para calefacción aunque en la ordenanza no indique un valor obligatorio.

Obtención de la hoja de carga

Una vez establecidos los consumos en litros o m3 de ACS en cada uno de los meses del año, elaboraremos una hoja de cargas.

En una instalación de energía solar para ACS, calentamiento de piscinas o calefacción, la “carga”, la demanda térmica o consumo energético que la instalación debe satisfacer será proporcional al consumo volumétrico.

Si se quiere obtener ACS a 60ºC, a partir de agua fría procedente de la red general o de un depósito de almacenamiento de agua fría, con un sencillo cálculo se averiguara la cantidad de energía necesaria para conseguirlo.

En la tabla siguiente se especifican los consumos medios considerados en función de las características de la instalación. A partir de estos valores se calculara la energía requerida para el consumo.

Proyecto de instalación solar térmica. Calculo de la superficie de captadores necesaria
Para la producción de ACS

latitud 14

60 ºC 18 familias 4 usuarios /vivienda 22 litros/día por persona

días	Mes	1 % ocupación	2 Consumo mensual m3	3 tª de red ºC	ºC	4 Salto térmico	5 Necesidad mes en termias	6 Necesidad mes en MJ	Necesidad mes en kWh
31	**Enero**	100	48,98	10	60	50	2449	10251,51	2870,42
28	**Febrero**	100	44,24	13	60	47	2079,28	8703,87	2437,08
31	**Marzo**	100	48,98	15	60	45	2204,1	9226,36	2583,38
30	**Abril**	100	47,40	19	60	41	1943,4	8135,07	2277,82
31	**Mayo**	100	48,98	19	60	41	2008,18	8406,24	2353,75
30	**Junio**	80	37,92	19	60	41	1554,72	6508,06	1822,26
31	**Julio**	100	48,98	19	60	41	2008,18	8406,24	2353,75
31	**Agosto**	100	48,98	15	60	45	2204,1	9226,36	2583,38
30	**Septiembre**	100	47,40	15	60	45	2133	8928,74	2500,05
31	**Octubre**	100	48,98	13	60	47	2302,06	9636,42	2698,20
30	**Noviembre**	100	47,40	12	60	48	2275,2	9523,99	2666,72
31	**Diciembre**	80	39,18	10	60	50	1959,2	8201,21	2296,34
	TOTAL AÑO		557,42 m3				25120,42	**105154,08** MJ	**29443,14** kWh

Tabla 7.1.1: Hoja de carga

Cálculo del consumo energético

A partir de las temperaturas del agua de red, se obtendrá para cada mes la energía necesaria para calentar el agua a la temperatura deseada, mediante la fórmula:

$Q = mc_e\Delta t$.

En donde,

Δt = Salto térmico, diferencia entre 60ºC y la temperatura del agua de red.

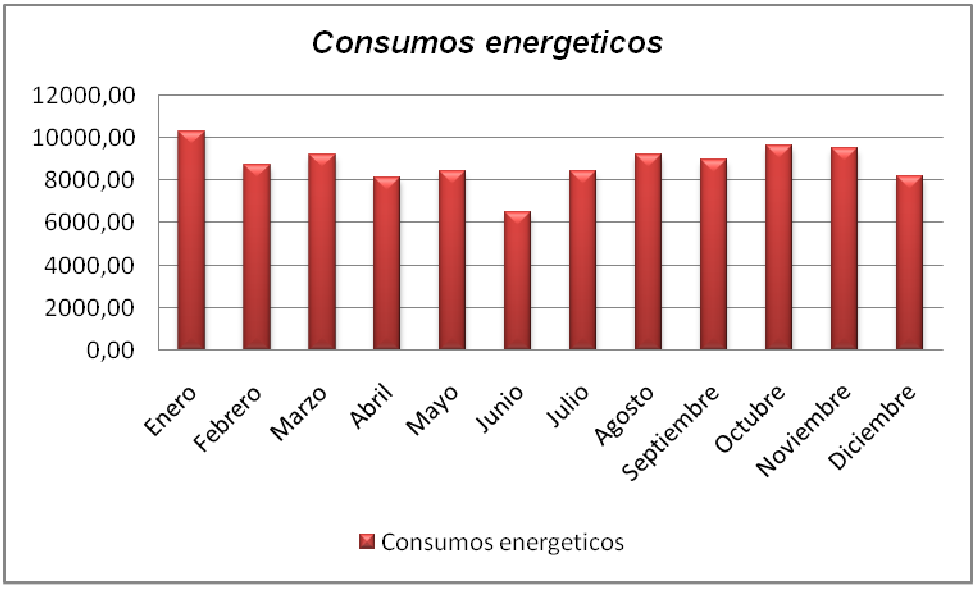
Q = Valor de la energía necesaria en kilocalorías o en termias

M = Masa de agua a calentar en kg o toneladas

c_e = Calor especifico del agua, 1 kcal/kg ºC o 1 termia/tonelada ºC

La temperatura del agua de la red para el proyecto la hemos medido ya que no se disponen de tablas con los valores ya establecidos. Estos solo los valores de la columna 3.

Una vez calculados los consumos energéticos en cada mes, los podemos representar mediante una tabla o gráficamente, obteniendo la denominada curva o diagrama del consumo.



Gráfica 7.1.2: Consumos energéticos ACS

Determinación de la energía aprovechable

Tabla 7.1.3: Irradiación solar H, Guatemala ciudad.

Mes	H Tablas Mj/m2
Enero	30,1
Febrero	30,1
Marzo	27,7
Abril	25,3
Mayo	30,1
Junio	21,1
Julio	24,1
Agosto	22,3
Septiembre	23,5
Octubre	22,9
Noviembre	21,1
Diciembre	20,5

Para calcular la energía aprovechable E que incide en un día medio de cada mes sobre cada m^2 de la superficie inclinada de captadores, partiremos de los datos obtenidos para la ubicación de nuestro proyecto, irradiación horizontal H en un día medio de cada mes sobre superficie horizontal.

Se realizaron las siguientes correcciones:

Si la instalación está ubicada en zona de montaña o con la atmosfera muy limpia, multiplicaremos la irradiación por el coeficiente 1,05.

Si, por el contrario, se ubica en zonas con polución o grandes núcleos urbanos, H se multiplicara por 0,95.

A partir del nuevo valor, se utilizara el factor de corrección por inclinación k que nos permite calcular la irradiación diaria incidente E sobre un captador inclinado, sin más que multiplicar H por dicho factor corrector:

$E = kH$

El factor k para superficies inclinadas lo obtendremos de la siguiente tabla. Este factor representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador, e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Latitud = 14°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.04	1.03	1.01	1	.99	.98	.99	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.02	.99	.96	.96	.96	.99	1.02	1.05	1.08	1.08
15	1.09	1.06	1.02	.97	.94	.92	.94	.97	1.02	1.07	1.1	1.1
20	1.1	1.06	1.01	.95	.9	.88	.9	.95	1.01	1.08	1.12	1.13
25	1.11	1.06	1	.92	.86	.84	.86	.92	1	1.08	1.14	1.14
30	1.11	1.05	.97	.89	.82	.79	.81	.88	.98	1.08	1.14	1.15
35	1.11	1.04	.95	.85	.77	.73	.76	.84	.95	1.06	1.14	1.15
40	1.09	1.02	.91	.8	.71	.67	.7	.79	.92	1.04	1.13	1.14
45	1.08	.99	.87	.75	.65	.61	.64	.74	.88	1.02	1.11	1.13
50	1.05	.96	.83	.69	.58	.54	.57	.68	.83	.98	1.09	1.1
55	1.02	.92	.78	.63	.51	.46	.5	.62	.78	.94	1.06	1.07
60	.98	.87	.73	.57	.44	.39	.43	.55	.72	.9	1.02	1.04
65	.94	.82	.67	.5	.36	.31	.35	.48	.66	.84	.97	1
70	.89	.77	.6	.43	.29	.23	.28	.41	.59	.79	.92	.95
75	.83	.71	.54	.35	.21	.15	.2	.33	.52	.72	.87	.9
80	.77	.65	.47	.28	.13	.1	.11	.25	.45	.66	.8	.84
85	.71	.58	.39	.2	.1	.09	.09	.18	.38	.59	.74	.77
90	.64	.51	.32	.12	.09	.08	.08	.1	.3	.51	.67	.71

Tabla 7.1.4: Factor de corrección k para superficies inclinadas

Mientras la intensidad de la radiación solar incidente sea pues inferior a un determinado valor umbral no existirá aprovechamiento de energía, al no establecerse la circulación del fluido en el circuito primario del captador. De acuerdo con la experiencia, el valor medio anual de la intensidad umbral se sitúa en torno a los 200 W/m^2.

También se ha comprobado que la energía no aprovechada por el captador, al incidir en momentos en los que la intensidad es menor que el valor umbral, es aproximadamente un 6% de la energía total diaria E.

Por lo visto anteriormente, será preciso multiplicar la cantidad E antes calculada por el factor 0,94 obteniendo el valor efectivo de la energía útil o aprovechable.

$Ú_{til}$ = 0,94 x E

11
E

Mes	Mj/m2
Enero	27,99
Febrero	27,18
Marzo	24,02
Abril	20,80
Mayo	23,69
Junio	16,39
Julio	18,95
Agosto	18,32
Septiembre	20,36
Octubre	20,87
Noviembre	19,78
Diciembre	19,21

Rendimiento e intensidad útil del colector

Calculo de la intensidad útil

La intensidad incidente sobre una superficie captadora vari a lo largo del día. Para efectuar los cálculos, trabajaremos con una intensidad media que será el cociente entre la energía útil E_{util} incidente a lo largo del día y el tiempo útil del día.

Para latitudes entre -25º a + 25º (zona ecuatorial) el numero medio de horas diarias de sol útiles para captadores orientados hacia el Ecuador e inclinados un ángulo igual a la latitud (+- 15º). Son las que vemos en la tabla 7.1.5

Tabla 7.1.5: horas diarias de sol útiles.

nº horas de sol útiles
8,75
9,25
9,5
9,25
9,75
8,5
8,75
9,25
9,5
9,25
8,75
8,5

Cálculo del rendimiento del captador

Se efectuara el cálculo del rendimiento del captador mes a mes, a partir de la curva de rendimiento teórico dada por el fabricante, efectuando las siguientes correcciones:

El rendimiento teórico se halla suponiendo que los rayos inciden perpendicularmente al captador, cosa que en realidad no sucede, ya que los rayos a lo largo del día forman un ángulo variable. Debido a esta incidencia oblicua, α disminuye en un factor 0,97 deducido de forma experimental.

El efecto de la suciedad y el envejecimiento de la cubierta transparente del captador hacen que también disminuya en un factor igual al 0,97.

Para tener en cuenta estos factores y obtener la ecuación del rendimiento real de un captador con cubierta bastara agregar a la formula el factor 0,94 = 0,97 x 0,97.

Mes	n(%)
Enero	63,76
Febrero	63,25
Marzo	60,91
Abril	59,17
Mayo	61,49
Junio	55,73
Julio	58,79
Agosto	55,85
Septiembre	57,97
Octubre	58,16
Noviembre	57,68
Diciembre	56,58

Superficie captadora

Cálculo de la aportación solar por m^2

Conocidos la energía neta incidente E_{util} y el rendimiento n del captador, la energía aportada por m^2 en cada mes será $nE_{útil}$.

Cálculo de la energía neta disponible por m^2 para el consumo

La energía diaria que aportan los captadores no coincide con la disponible para el consumo, debido a las pérdidas que se producen en todos los elementos de la instalación, principalmente en el acumulador.

Si no se tienen estos datos de estas pérdidas, se recomienda estimar unas pérdidas globales del 15% y, por tanto, la energía acumulada disponible para el consumo será igual a 0,85 $nE_{útil.}$

7	8	9	10	11	12	13	14
Necesidad día en MJ	H Mj/m2	H correg	k	E Mj/m2	nº horas de sol útiles	I W/m2 hora	tºa ºC
330,69	30,1	28,63	1,09	29,34	8,75	931,35	24,2
310,85	30,1	28,63	1,06	28,53	9,25	856,76	25
297,62	27,7	26,34	1,02	25,26	9,5	738,55	25,3
271,17	25,3	24,05	0,97	21,93	9,25	658,64	27,4
271,17	30,1	28,63	0,94	25,30	9,75	720,81	26,5
216,94	21,1	20,05	0,92	17,33	8,5	566,51	26,3
271,17	24,1	22,90	0,94	20,24	8,75	642,49	26,1
297,62	22,3	21,19	0,97	19,32	9,25	580,08	25,8
297,62	23,5	22,33	1,02	21,41	9,5	626,15	26,8
310,85	22,9	21,76	1,07	21,89	9,25	657,38	26,5
317,47	21,1	20,05	1,1	20,73	8,75	657,99	251
264,56	20,5	19,47	1,1	20,13	8,5	657,76	24,6

15	E_{util} 16	17	18	
n(%)	Aportación solar por m2 Mj/m2	Energía disponible al día por m2	Energía disponible al mes por m2	Energía disponible kWh/m2
64,68	18,97	16,13	499,98	139,99
64,21	18,32	15,57	436,03	122,09
62,02	15,67	13,32	412,80	115,58
60,43	13,25	11,27	337,97	94,63
62,91	15,92	13,53	419,36	117,42
57,25	9,92	8,44	253,08	70,86
60,38	12,22	10,39	321,97	90,15
57,28	11,07	9,41	291,57	81,64
59,23	12,68	10,78	323,41	90,55
59,35	12,99	11,04	342,35	95,86
58,86	12,20	10,37	311,08	87,10
57,81	11,64	9,89	306,62	85,85
			4256,22	1191,74
			MJ/m2	kWh/m2

Tabla 7.1.5: Energía disponible mes/m2

Si el consumo se concentra en unas horas determinadas y no se realiza de forma más o menos uniforme y repartida a lo largo del día, el rendimiento de la instalación puede disminuir por dos razones:

La temperatura del agua en el acumulador aumenta y, por tanto, el rendimiento del captador disminuya.

Las propias perdidas del acumulador aumentan. Si por ejemplo, toda el agua caliente acumulada se consumiese a primeras horas de la mañana, el acumulador estaría a su máxima temperatura durante toda la noche, aumentando las perdidas.

Cálculo de la superficie de captadores necesaria

La superficie la obtendremos dividiendo las necesidades energéticas totales entre la energía neta disponible por m^2 de captador.

$$S = \frac{necesidades\ energeticas\ totales}{energia\ neta\ disponible\ por\ m2\ de\ colector}$$

$S = \frac{29443{,}14\ kWh}{1191{,}74\ kWh/m2} = 24{,}71\ m^2$ sin embargo nuestra contribución solar mínima la definimos en un 60% entonces, = $24{,}71\ m^2 \times 0{,}6 = 14{,}82\ m^2$

Aproximaremos este valor a la superficie que necesitamos para 7 captadores,

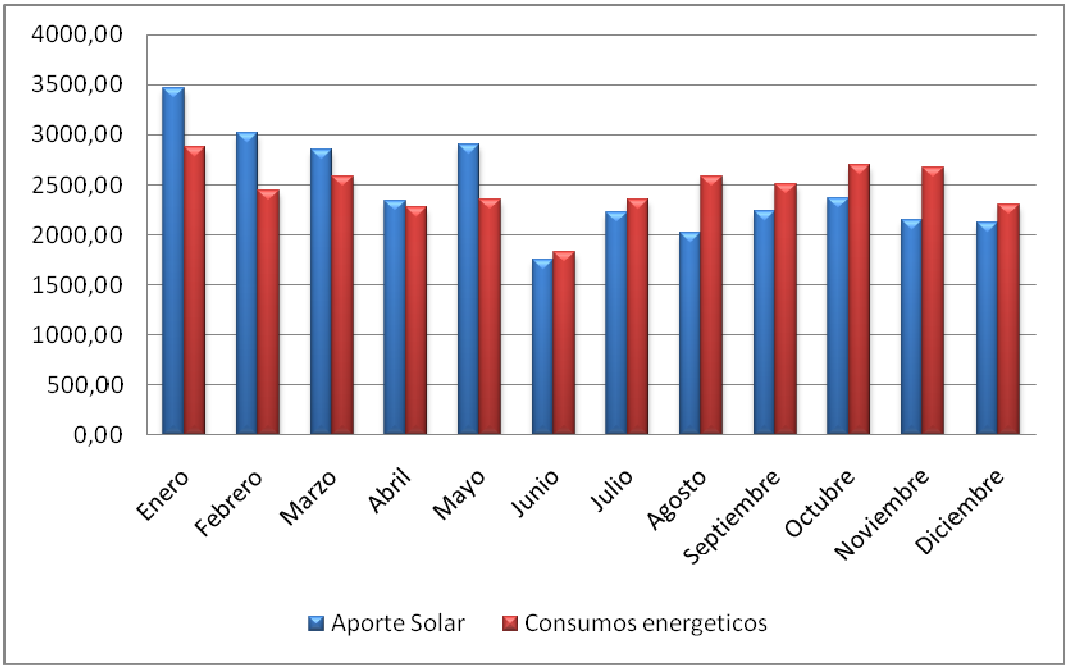
Superficie colectora necesaria	24,71	Contribución solar mínima 60%	=	14,82 m2	15,4	m2
superficie útil de colector		2,2	=	**6,74 captadores**	7	captadores

18 Energía disponible al mes por m2	Energía disponible kWh/m2	m2 reales sup. Colect. 60% min.	19 Energía solar total	20 % de sut.	21 Déficit energético
499,98	139,99	15,40	2155,90	75,11	714,52
436,03	122,09	15,40	1880,14	77,15	6823,72
412,80	115,58	15,40	1779,97	68,90	7446,39
337,97	94,63	15,40	1457,34	63,98	6677,74
419,36	117,42	15,40	1808,30	76,83	6597,94
253,08	70,86	15,40	1091,28	59,89	5416,78
321,97	90,15	15,40	1388,35	58,98	7017,89
291,57	81,64	15,40	1257,25	48,67	7969,11
323,41	90,55	15,40	1394,53	55,78	7534,20
342,35	95,86	15,40	1476,22	54,71	8160,20
311,08	87,10	15,40	1341,36	50,30	8182,63
306,62	85,85	15,40	1322,16	57,58	6879,05
4256,22	1191,74		18352,81	*62,32*	79420,18
MJ/m2	kWh/m2		kWh		kWh

Como vemos en la columna 20 se cumple un 62,32 % de contribución solar mínima.

Ver Anexo 3

Análisis grafico de datos

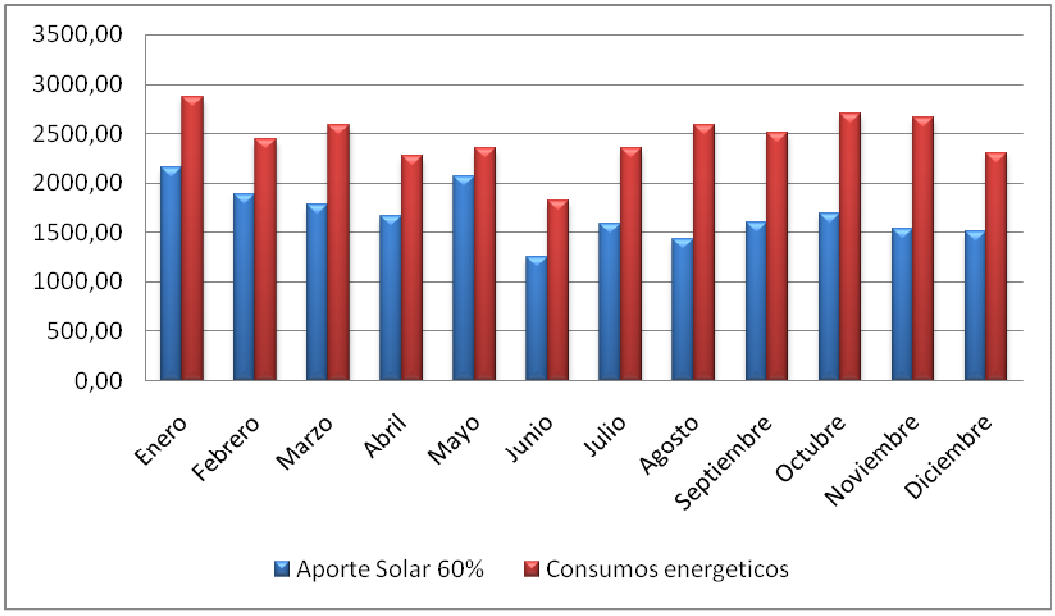


Gráfica 7.1.6: Comparativa aporte solar / consumos energéticos

En la gráfica 7.1.6 vemos que el consumo energético total para la producción de ACS y el aporte solar no presentan grandes diferencias, y la tendencia de las curvas coincide considerablemente, aunque hay un desfase negativo entre los meses al final de año.

En la gráfica 7.1.7 vemos el aporte solar mínimo del 62,32 % comparado con los consumos energéticos totales. Valores de la energía expresados en kWh.

Gráfica 7.1.7: Comparativa aporte solar 68% / consumos energéticos.



Captadores solares

Aunque según la ordenanza solo se admite la utilización de captadores solares debidamente certificados por la administración, para nuestro proyecto utilizaremos el captador solar ECOSOL B, captador de difusión libre en la región Centroamericana para empresas que incursionan en este campo.

Sobre el campo de captación solar obtendremos la siguiente información:

- Marca de los captadores = Swisscontact/Pro Eco
- Modelo de los captadores = ECOSOL B
- Numero de captadores
- Volumen unitario (litros) = 2,7 litros
- Superficie unitaria (m^2) = 2,20
- Inclinación del campo de captación (º) = 14º
- Orientación del campo de captación (º) = orientación Sur geográfico.

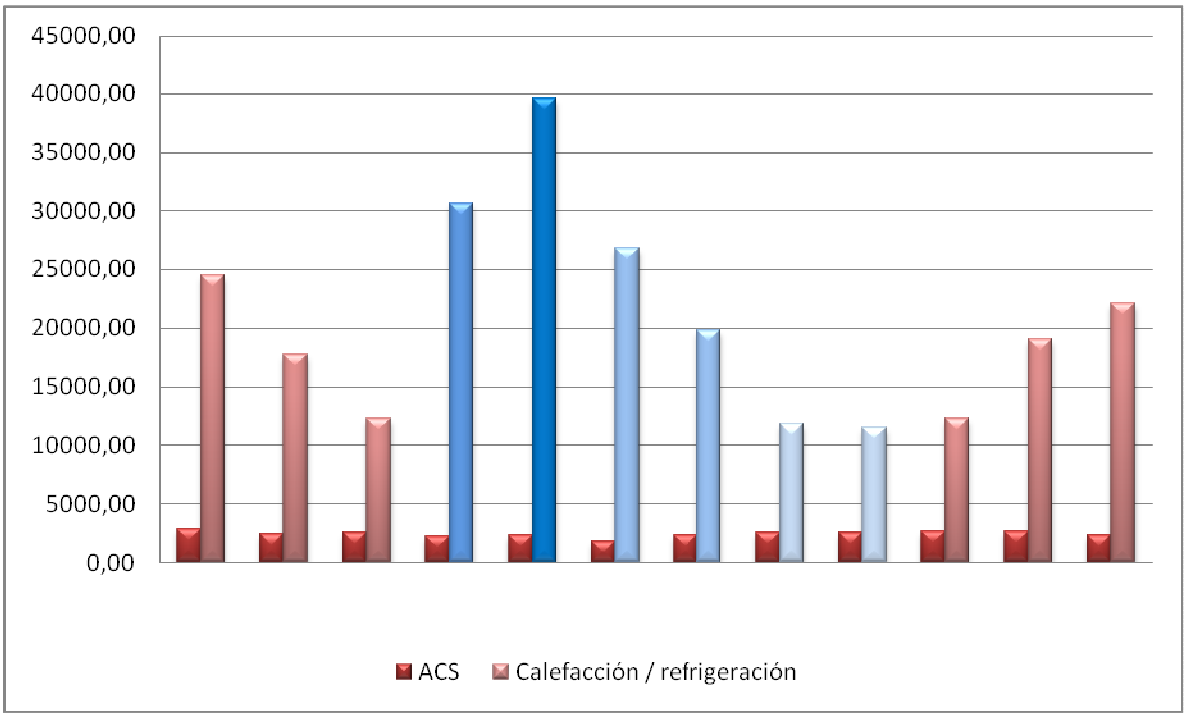
Numero de captadores:

ACS: 7 Captadores

7.1.2 Cálculo de la superficie de captación necesaria (Calefacción)

Objetivo principal

De la gráfica 5.5.4, definiremos nuestro criterio de dimensionado para la superficie de captación solar en base a los consumos energéticos.



Gráfica: 5.5.4 Consumos energéticos, ACS, calefacción y refrigeración, kWh.

Según los datos obtenidos vemos que existen grandes picos de demanda, sobre todo en la refrigeración en donde llega a rozar los 40.000,00 kWh/mes, con las energías renovables no buscamos satisfacer la potencia máxima de la instalación, sino satisfacer una fracción importante de la energía.

Teniendo esto en mente decidiremos nuestra superficie de captación solar.

Datos de partida

Los datos de partida son los mismos que ya utilizamos en capítulos anteriores para definir la demanda energética que requiere el proyecto.

Hemos definido ya en el capítulo 5 las demandas de energía para las cargas térmicas en épocas de frio las cuales son:

Energía necesaria igual a **107826,93 kWh** a lo largo del periodo de uso al año.

Determinación de la energía aprovechable

De la tabla 7.1.5 (energía disponible mes/m^2) podemos ver que la energía aprovechable y de la tabla 5.5.2 vemos la demanda de energía en los meses en que necesitamos calefacción.

Integrando estos datos obtenemos la tabla

Proyecto de instalación solar térmica. Calculo de la superficie de captadores necesaria
Calefacción
Total carga térmica ***131852,4*** **W** 131,85 KW

días	Mes	KW	% demanda	KWh	m2	KW/m2	horas uso/dia	KWh/m2 mes	demanda KWh mes	Energía disponible kWh/m2
31	**Enero**	131,85	100%	131,85	2005,92	0,066	6	12,23	24524,10	139,99
28	**Febrero**	131,85	80%	105,48	2005,92	0,053	6	8,83	17720,64	122,09
31	**Marzo**	131,85	50%	65,925	2005,92	0,033	6	6,11	12262,05	115,58
31	**Octubre**	131,85	50%	65,925	2005,92	0,033	6	6,11	12262,05	95,86
30	**Noviembre**	131,85	80%	105,48	2005,92	0,053	6	9,47	18986,40	87,10
31	**Diciembre**	131,85	90%	118,665	2005,92	0,059	6	11,00	22071,69	85,85
								53,75	**107826,93**	646,48
								KWh/m2 año	KWh año	kWh/m2

Tabla: 7.1.8 Demanda y energía aprovechable, calefacción.

Cálculo de la superficie de captadores necesaria

La superficie la obtendremos dividiendo las necesidades energéticas totales entre la energía neta disponible por m^2 de captador.

$$S = \frac{necesidades\ energeticas\ totales}{energia\ neta\ disponible\ por\ m2\ de\ colector}$$

$$S = \frac{107826,93}{646,48} = \mathbf{166,79\ m^2}$$

Por ahora no definiremos una superficie de captación definitiva hasta no comparar estos resultados con la superficie de captación necesaria para la refrigeración.

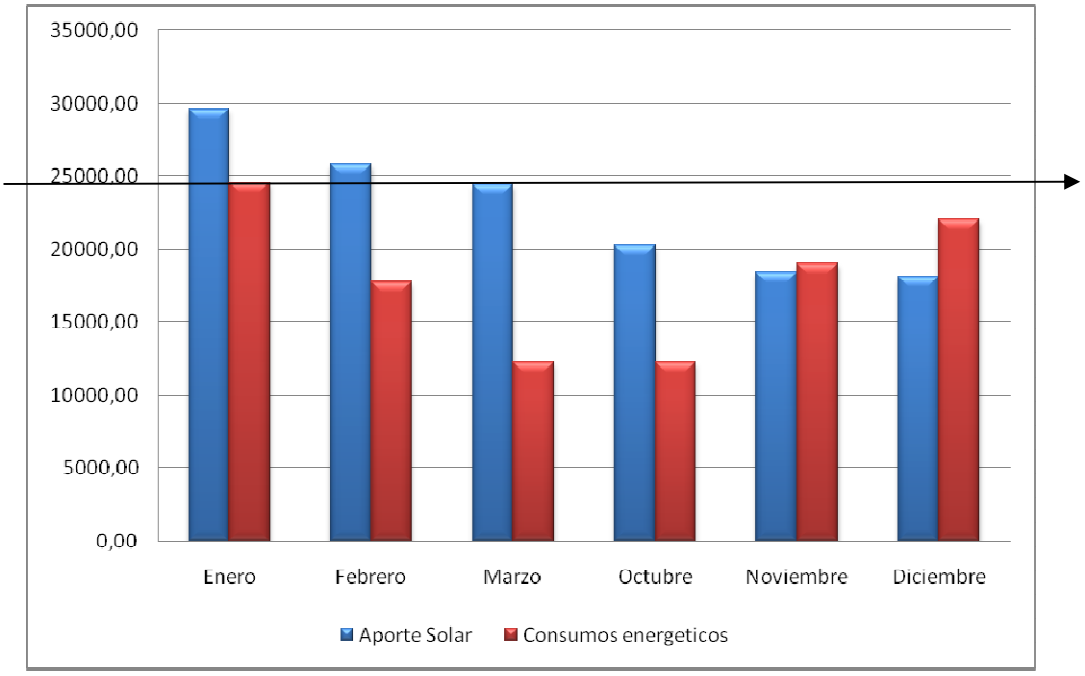
Aunque preliminarmente si utilizáramos esta superficie de captación obtenemos los valores de aporte siguientes:

demanda KWh mes	Energía disponible kWh/m2	m2 reales sup. Colect.	Energía solar total	% de sut.	Déficit energético
24524,10	139,99	166,79	23349,56	95,21	1174,54
17720,64	122,09	166,79	20362,91	114,91	-2642,27
12262,05	115,58	166,79	19278,03	157,22	-7015,98
12262,05	95,86	166,79	15988,26	130,39	-3726,21
18986,40	87,10	166,79	14527,62	76,52	4458,78
22071,69	85,85	166,79	14319,68	64,88	7752,01
107826,93	646,48		107826,06	*106,52*	0,87
KWh año	kWh/m2		kWh	%	kWh

Podemos ver que con **166,79 m^2** de superficie colectora cubriríamos el 106 % de la demanda total para calefacción. Estos 166,79 m^2 dividido la superficie de captador unitaria (2,2 m^2) nos da un total de

75,81 captadores.

Análisis grafico de datos



Gráfica 7.1.9: Comparativa aporte solar / consumos energéticos Calefacción. kWh

En esta gráfica vemos como son cubiertas las demandas con el supuesto de intentar cubrir el 100 % de la demanda de calefacción. Vemos que existe un pico en el mes de enero en el que la energía solar disponible es desaprovechada de sobre manera.

Llegaremos a conclusiones globales tras el mismo cálculo para las demandas de refrigeración.

Ver Anexo 4

7.1.3 Cálculo de la superficie de captación necesaria (Refrigeración)

Datos de partida

Hemos definido ya en el capítulo 5 las demandas de energía para las cargas térmicas en épocas de calor las cuales son:

Energía necesaria igual a **116832,69 kWh** a lo largo del periodo de uso al año.

Determinación de la energía aprovechable

De la tabla 7.1.5 (energía disponible mes/m^2) podemos ver que la energía aprovechable y de la tabla 5.5.3 vemos la demanda de energía en los meses en que necesitamos refrigeración.

Integrando estos datos obtenemos la tabla

Proyecto de instalación solar térmica. Calculo de la superficie de captadores necesaria
Refrigeración
Total carga térmica ***212813,2*** **W** 212,81 KW

días	Mes	KW	% demanda	KWh	m2	KW/m2	horas uso/ dia	KWh/m2 mes	demanda KWh mes	Energía disponible kWh/m2
30	**Abril**	212,81	80%	170,248	2005,92	0,085	6	15,28	30644,64	94,63
31	**Mayo**	212,81	100%	212,81	2005,92	0,106	6	19,73	39582,66	117,42
30	**Junio**	212,81	70%	148,967	2005,92	0,074	6	13,37	26814,06	70,86
31	**Julio**	212,81	50%	106,405	2005,92	0,053	6	9,87	19791,33	90,15
								58,24 KWh/m2 año	**116832,69** KWh año	373,07 kWh/m2

Tabla: 7.1.10 Demanda y energía aprovechable, Refrigeración.

Cálculo de la superficie de captadores necesaria

La superficie la obtendremos dividiendo las necesidades energéticas totales entre la energía neta disponible por m^2 de captador.

$$S = \frac{necesidades\ energeticas\ totales}{energia\ neta\ disponible\ por\ m2\ de\ colector}$$

$$S = \frac{116832,69}{373,07} = \mathbf{313,16\ m^2}$$

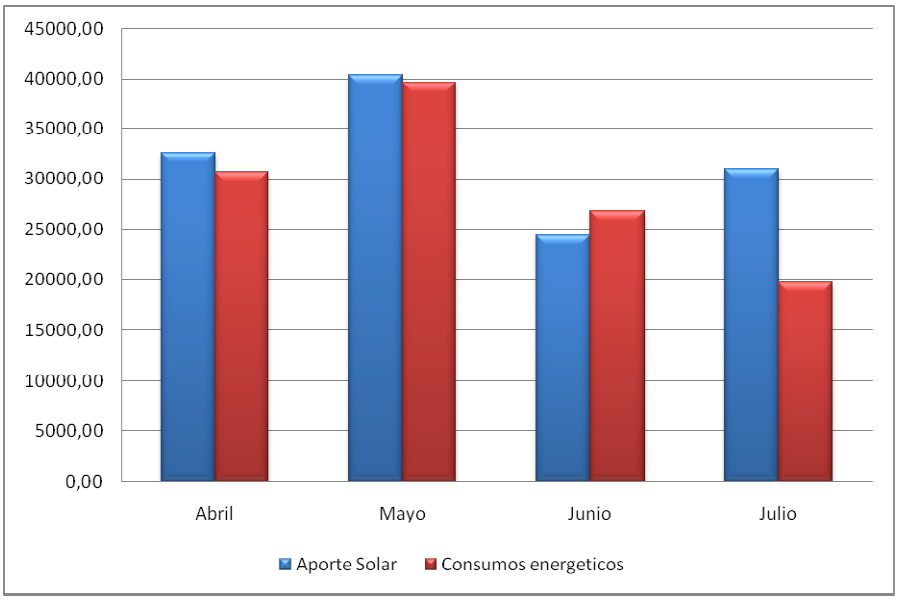
Preliminarmente si utilizáramos esta superficie de captación obtenemos los valores de aporte siguientes:

demanda KWh mes	Energía disponible kWh/m2	m2 reales sup. Colect.	Energía solar total	% de sut.	Déficit energético
30644,64	94,63	313,17	29635,98	96,71	1008,66
39582,66	117,42	313,17	36773,07	92,90	2809,59
26814,06	70,86	313,17	22191,89	82,76	4622,17
19791,33	90,15	313,17	28233,06	142,65	-8441,73
116832,69	373,07		116833,9998	*103,76*	-1,31
KWh año	kWh/m2		kWh	%	kWh

Podemos ver que con **313,17 m^2** de superficie colectora cubriríamos el 103,76 % de la demanda total para calefacción. Estos 313,17 m^2 dividido la superficie de captador unitaria (2,2 m^2) nos da un total de

142,35 captadores.

Análisis gráfico de datos



Gráfica 7.1.11: Comparativa aporte solar / consumos energéticos Refrigeración. kWh

En esta gráfica vemos como son cubiertas las demandas con el supuesto de intentar cubrir el 100 % de la demanda de refrigeración. En esta grafica no vemos la existencia de picos considerables en donde la energía solar sea desaprovechada, por el contrario vemos una cierta correspondencia entre la demanda y la oferta de energía.

Ver Anexo 5

7.1.4 Cálculo global de la superficie de captacion. ACS, Calefaccion y refrigeracion.

Teniendo en cuenta que la demanda de calefacción y la de refrigeración ocurren en épocas diferentes sabemos que no debemos sumar la superficie colectora resultante de ambas demandas, si no que seleccionaremos la superficie más adecuada para cubrir la demanda regular durante todo el año.

Sumaremos la superficie captadora para la producción de ACS pues tendremos un sistema solar en conjunto, el cual presenta ventajas en cuanto al aprovechamiento de la energía que resulte de bajo o cero consumo que se dé a la energía producida para calentar el agua hacia la producción de refrigeración o calefacción, según sea el caso.

Definiremos entonces satisfacer una fracción importante de la energía, en base al análisis de los datos obtenidos:

Análisis utilizando la superficie de captación resultante (166,79 m^2) de la demanda de Calefacción:

Para realizar este analisis de la forma correcta debemos tener en cuenta el COP termico (rendimiento) de calefaccion de la ClimateWell el cual es de 0,85 (estable).

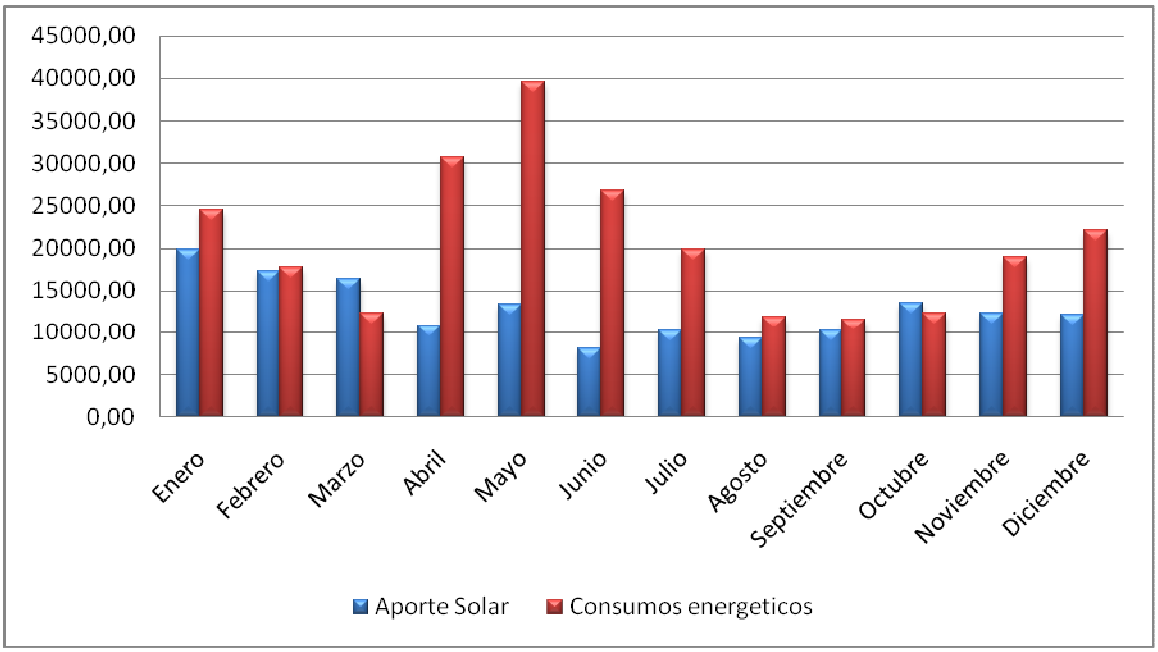
Y el COP termico de refrigeracion que es de 0,68 (estable).[12]

Asi que para saber cuanta energia me dara la ClimateWell multiplicaremos la energia que obtenemos de la superficie colectora por 0,85 y 0,68 según sea el caso. Tabla

166,79 m2 de captacion solar

Mes	kWh mes	Energía solar total	COP		
Enero	24524,10	23349,56	19847,13		CW 0,85
Febrero	17720,64	20362,91	17308,47		CW 0,85
Marzo	12262,05	19278,03	16386,32		CW 0,85
Abril	30644,64	15783,71	10732,93	CW 0,68	
Mayo	39582,66	19584,83	13317,68	CW 0,69	
Junio	26814,06	11819,09	8036,98	CW 0,70	
Julio	19791,33	15036,53	10224,84	CW 0,71	
Agosto	11874,80	13616,71	9259,36	CW 0,72	
Septiembre	11491,74	15103,53	10270,40	CW 0,73	
Octubre	12262,05	15988,26	13590,02		CW 0,85
Noviembre	18986,40	14527,62	12348,48		CW 0,85
Diciembre	22071,69	14319,68	12171,73		CW 0,85
		198770,48 kWh año	153494,35 kWh año		

Tabla 7.1.12: Energía resultante: superficie captadora x COP. kWh



Gráfica 7.1.13: Comparativa aporte solar calefacción / consumos energéticos calefacción y refrigeración. kWh

Vemos en esta grafica que con el aporte solar de la superficie para calefaccion no logramos cubrir una ningun pico, aunque la generacion parece ser muy regular y cubre una buena fraccion de la demanda.

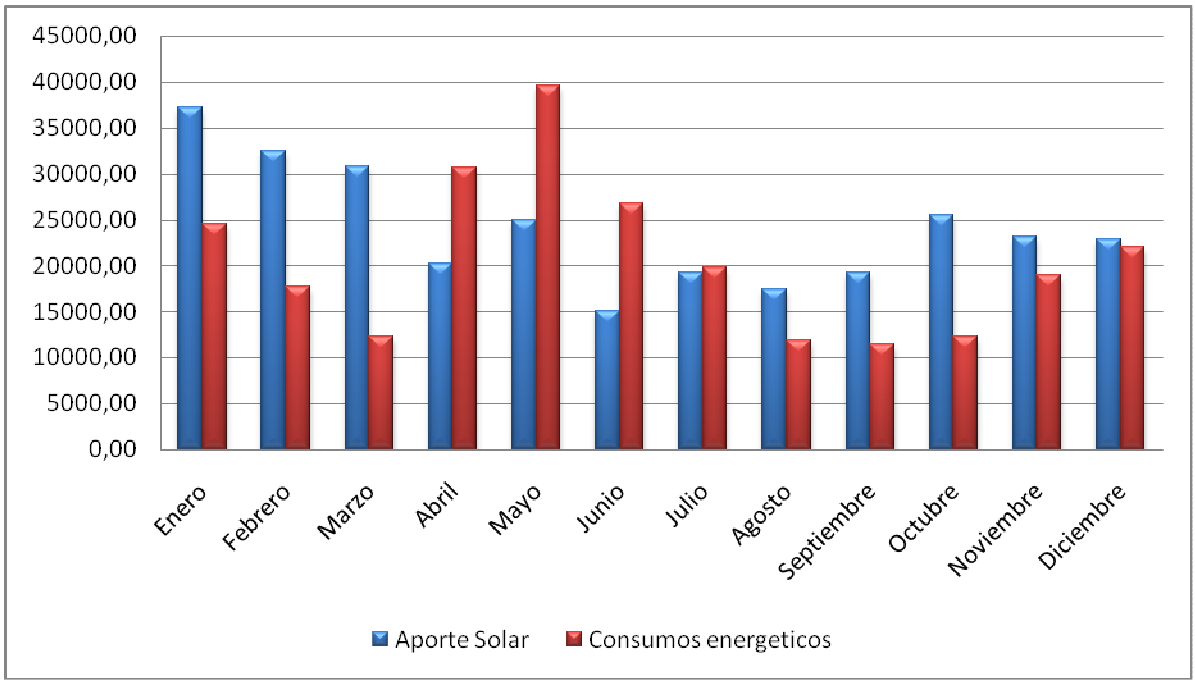
Análisis utilizando la superficie de captación resultante (313,17 m^2) de la demanda de refrigeración:

Estos resultados tambien los multiplicaremos por los factores de eficiencia de la Climatewell.

313,17 m2 de captacion solar

Mes	kWh mes	Energía solar total	COP		
Enero	24524,1	43841,85	37265,58		CW 0,85
Febrero	17720,64	38234,02	32498,92		CW 0,85
Marzo	12262,05	36197,02	30767,46		CW 0,85
Abril	30644,64	29635,98	20152,47	CW 0,68	
Mayo	39582,66	36773,07	25005,69	CW 0,69	
Junio	26814,06	22191,89	15090,49	CW 0,70	
Julio	19791,33	28233,06	19198,48	CW 0,71	
Agosto	11874,80	25567,16	17385,67	CW 0,72	
Septiembre	11491,74	28358,86	19284,02	CW 0,73	
Octubre	12262,05	30020,04	25517,03		CW 0,85
Noviembre	18986,4	27277,50	23185,88		CW 0,85
Diciembre	22071,69	26887,07	22854,01		CW 0,85
		373217,52 kWh año	288205,69 kWh año		

Tabla 7.1.14: Energía resultante: superficie captadora x COP. kWh



Gráfica 7.1.14: Comparativa aporte solar refrigeración / consumos energéticos calefacción y refrigeración. kWh

A simple vista podemos ver que aunque se esta muy cerca de cubrir el pico mas alto de la demanda, existe una sobredimencion de la superficie captadora en la mayoria de los meses, resultando esto en un exceso de energia en la mayor parte del año, tendremos problemas a la hora de disipar tanta energia y a la vez de que es una inversion que no tendria mucho sentido.

7.1.5 El campo de captacion

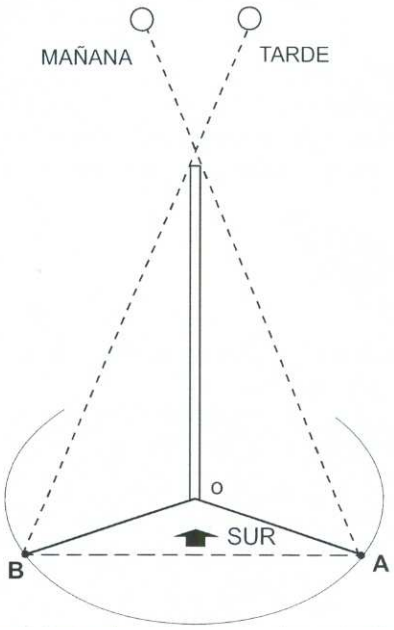
Inclinación y orientación del campo de captación

La ordenanza hace algunas consideraciones referentes a la inclinación y la orientación de los captadores solares:

Con tan de conseguir la máxima eficiencia de la captación de la energía solar, el subsistema de captación este orientado al sur con el desviamiento mínimo posible y la inclinación respecto a la horizontal sea la misma que la latitud geográfica del proyecto.

En nuestro caso se aplica la orientación sur ya que nos encontramos en la misma latitud.

En los casos que la orientación y/o la inclinación de los captadores solares se separen de lo óptimo, deberá compensar la eventual pérdida con el aumento de la superficie correspondiente para cubrir la fracción solar correspondiente.



Los captadores se instalaran de forma que, a lo largo del periodo anual de utilización, aprovechen al máximo la radiación solar disponible. Normalmente, y siempre que estén situados en el hemisferio Norte, como en el presente caso, se orientan hacia el Sur geográfico (no coincide con el Sur magnético medido por la brújula).

Desviaciones de hasta 20º respecto a la orientación Sur no van a afectar de forma significativa al rendimiento y a la energía térmica que suministra el equipo.

La determinación práctica del Sur geográfico puede conocerse por la dirección de la sombra de una varilla vertical a las 12 horas solares, tal como se explica a continuación:

Por la mañana (faltando 2 o 3 horas para el mediodía), marcaremos el punto A (figura siguiente) en el extremo de la sombra de la varilla y dibujaremos en el suelo una circunferencia alrededor de la varilla de radio OA, igual a su sombra.

Por la tarde, cuando la sombra de la varilla alcance la misma longitud (cuando toque la circunferencia que hemos dibujado) marcaremos el punto B. la recta que une los puntos A y B estará orientada exactamente en la dirección del paralelo terrestre y, por tanto, una perpendicular a dicha recta, señalara la dirección Norte Sur.

Con una desviación hacia el Este, el periodo diario de captación se adelantara una hora por cada 15º de desviación) con respecto a un equipo orientado hacia el Sur geográfico. Si lo desviamos hacia el Oeste, el periodo diario de captación se retrasara en la misma proporción, incrementándose ligeramente el rendimiento del equipo, ya que va a funcionar más tiempo durante las horas en las que la temperatura ambiente es más elevada.

En general intentaremos que la radiación solar incida más o menos perpendicularmente a la superficie del captador durante el medio dia solar del dia medio de la época de utilización del equipo, lo que nos va a obligar a orientarlo “mirando” hacia donde este el Ecuador, es decir, de tal manera que su sombra (al mediodía) siga la dirección del meridiano, siendo válida la premisa tanto en el hemisferio norte como en el sur.

Debido a que el periodo de utilización de la instalación es anual con consumo constante utilizaremos un ángulo de inclinación igual a la Latitud del lugar.

Latitud: 14º

Configuración del campo de captación solar

Todas las filas o baterías tendrán el mismo número de captadores debiendo ser estas paralelas, horizontales y estar bien alineadas. En la canalización de entrada y en la salida de cada batería se instalaran sendas válvulas de corte con el objeto de que las baterías se puedan aislar durante las operaciones de mantenimiento. También se instalara una válvula de seguridad tarada a una presión inferior a la del régimen normal de funcionamiento del modelo de captador seleccionado en la canalización de entrada de cada batería.

Para que el caudal se distribuya de forma uniforme será necesario, además de que todas las baterías tengan el mismo número de captadores para que tengan todas ellas la misma perdida de carga, que el trazado de las tuberías se realice siguiendo el diseño llamado retorno invertido, para que el circuito resulte hidráulicamente equilibrado. Si no es posible realizar el *retorno invertido*, deberemos instalar válvulas de equilibrado (suelen ser de asiento recto o inclinado) para regular el caudal que llega a cada fila de batería.

En la figura siguiente se tiene un campo de captadores de una instalación solar formada por 15 captadores dispuestos en 3 baterías en paralelo, con 5 captadores por batería conectados también en paralelo. Vemos que los tres recorridos entre A y B (en discontinuo) tienen la misma longitud desde que el fluido caloportador se bifurca hasta que vuele a juntarse, produciéndose de esta forma una pérdida de carga igual en todos ellos y un caudal de circulación idéntico en cada batería.

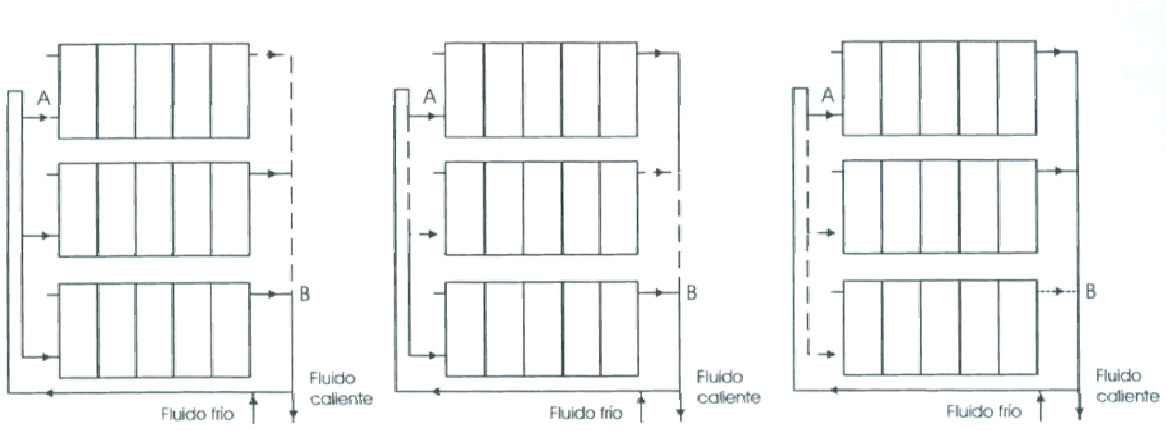


Figura 28. Esquema de retorno invertido en una instalación solar

Identificación de las sombras

Si tenemos más del 20% de la superficie del captador solar con sombras, nuestro captador seria prácticamente inoperante, por lo que es aconsejable que en el día más desfavorable del periodo de utilización no tenga más del 5% de la superficie útil de captación cubierta por sombras.

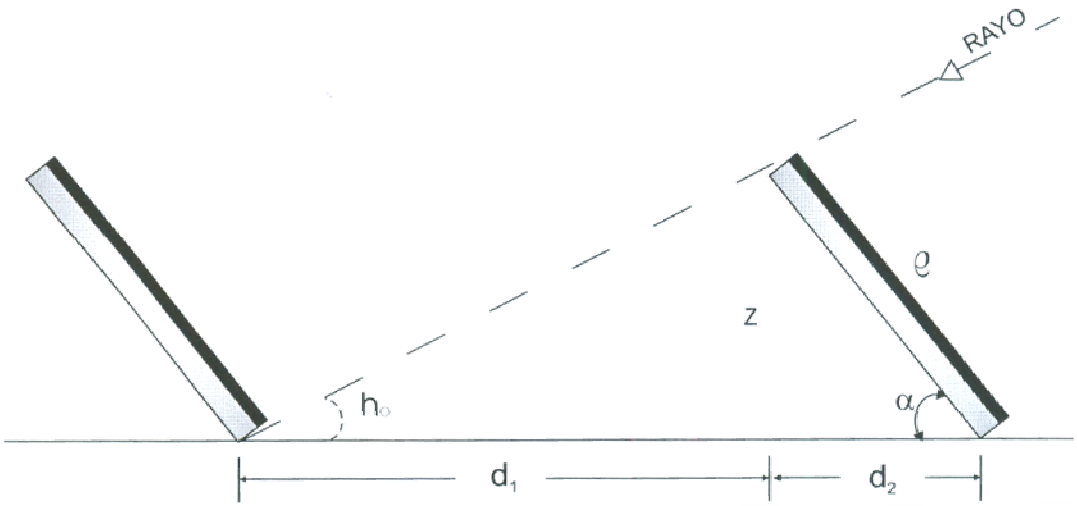
Distancia mínima entre captadores

La separación entre líneas de captadores se hará de forma que durante el mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del periodo de utilización, la sombra de la arista superior de una fila se proyectara, como máximo, sobre la arista de la fila siguiente.

Para todos aquellos equipos que se utilicen todo el año, el día más desfavorable es el 21 de diciembre (hemisferio norte); en este, la altura solar es mínima y al mediodía solar tiene el siguiente valor:

h_o = (90º - latitud lugar) – 23,5º

La siguiente figura nos indica que la distancia mínima, d, entre filas de captadores es:



$d = d_1 + d_2$

La formula de la distancia mínima entre hileras de captadores será:

d = altura de captador (sen α / tan h_o + cos α)

Entonces,

Para esta instalación que se utiliza todo el año, situada en Guatemala, con captadores de 1,96 m de alto e inclinados 14º.

La latitud será igual a la inclinación por lo tanto 14º.

h_o = (90º - 14º) – 23,5º = 52,5º

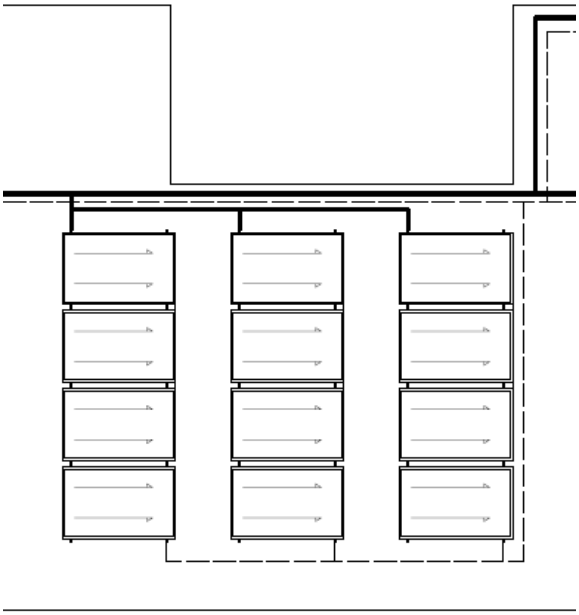
Conocido este valor podemos calcular ahora la distancia:

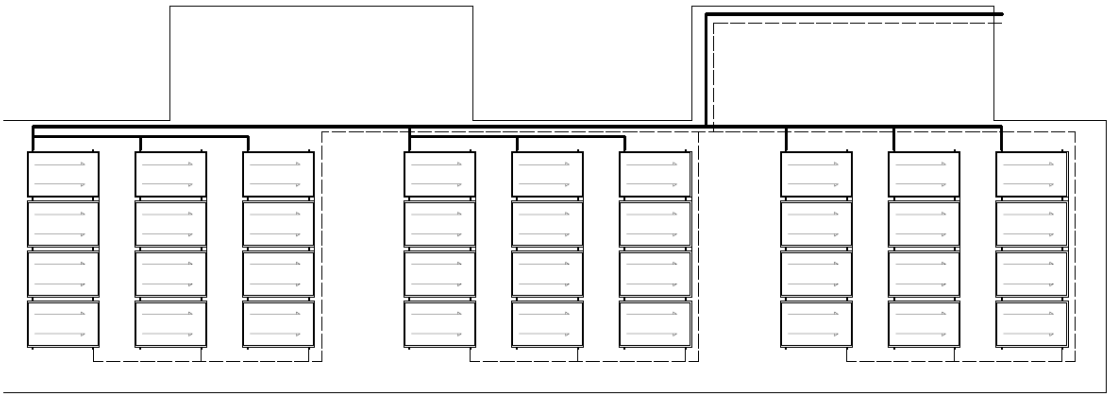
d = l (sen α / tan h_o + cos α) = 1,96 (sen 14º / tan 52 º + cos 14º) = 2,27

Entre diciembre y la primera mitad de enero se suelen producir sombras de unas hileras de captadores sobre otras (sobre todo en las primeras y últimas horas del día) incluso respetando las distancias mínimas, caso que carece de importancia, ya que la aportación solar en esa época es significativa en las horas centrales del día. No obstante, es aconsejable si tenemos espacio, aumentar en un 25% la distancia mínima hallada obtenida mediante la fórmula anterior.

2,27 x 1,25 = **2,83 m**

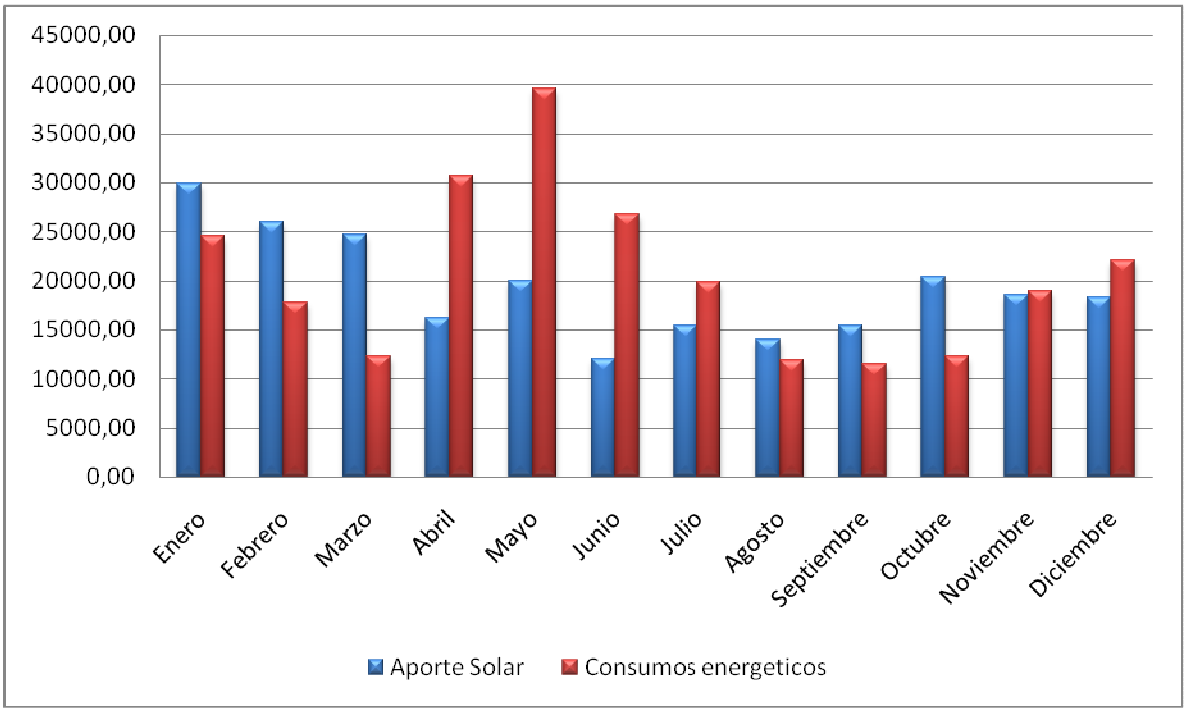
Diseño del trazado de tuberías con retorno invertido para evitar diferencias entre las pérdidas de carga.





7.1.6 Selección de superficie de captacion mas adecuada.

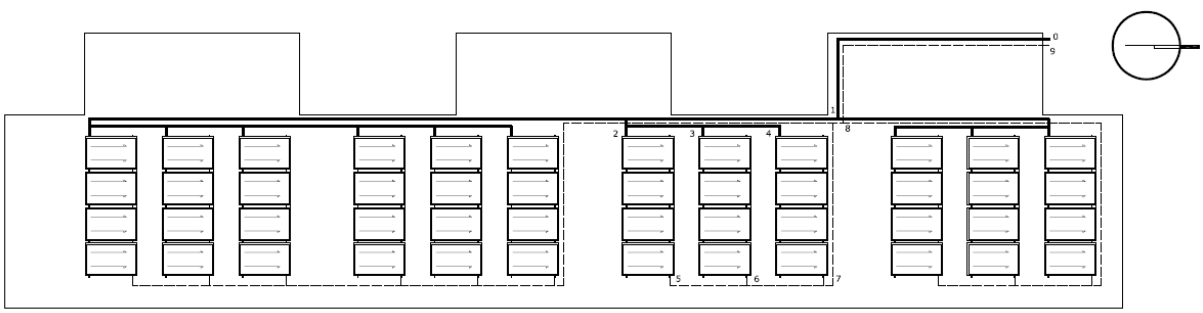
Del analisis anterior podemos ver que la mejor solucion seria cercana a la energia producida por la superficie de captacion para calefaccion, por lo que aumentaremos esta superficie hasta los 250,8 m^2 que hacen un total de **114 captadores**. La grafica resultante quedaria de la siguiente manera:



Gráfica 7.1.14: Comparativa aporte solar definido por el planificador / consumos energéticos calefacción y refrigeración. kWh

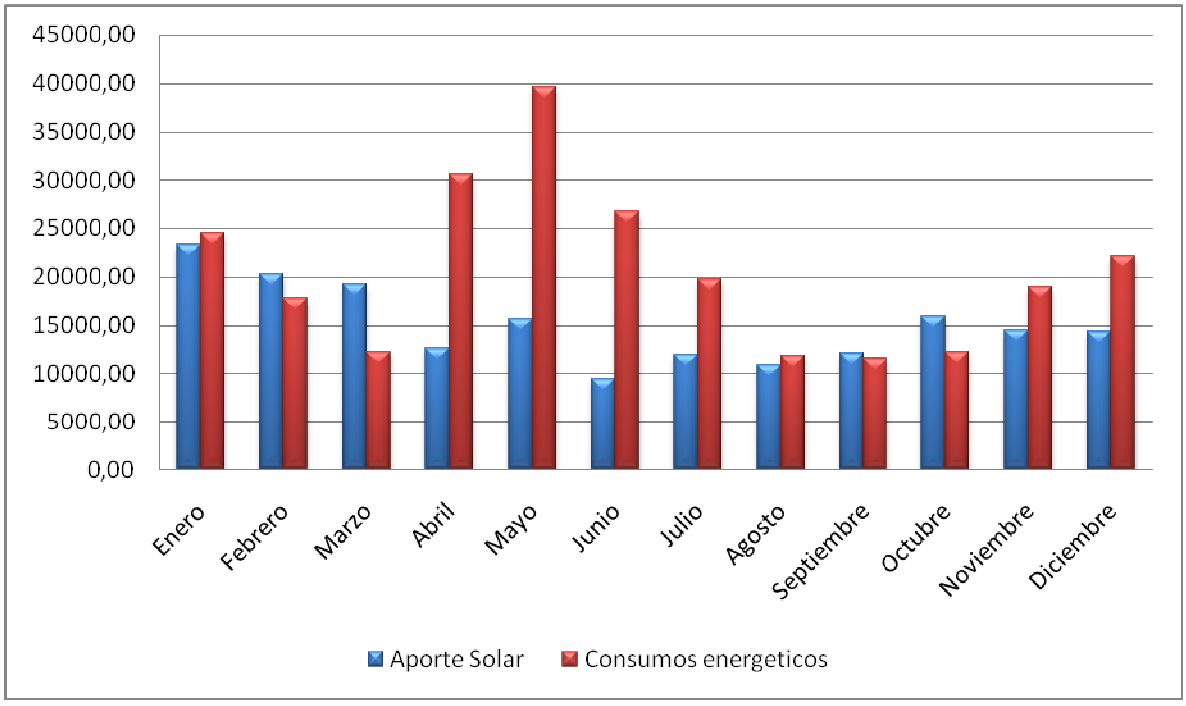
Esta sería la solución más cercana a las demandas sin tener demasiada energía sin aprovechar.

Sin embargo, como se menciono en capítulos anteriores un factor que hay que tomar muy en cuenta es la superficie disponible apta para colocar los captadores solares, en nuestro caso, podemos colocar un total de 96 captadores de forma bien dimensionada, previendo circulación alrededor de las baterías de captadores para un cómodo mantenimiento e instalación. Podemos colocar en cada edificio, tanto el orientado al Este como el orientado al Oeste, 48 captadores:



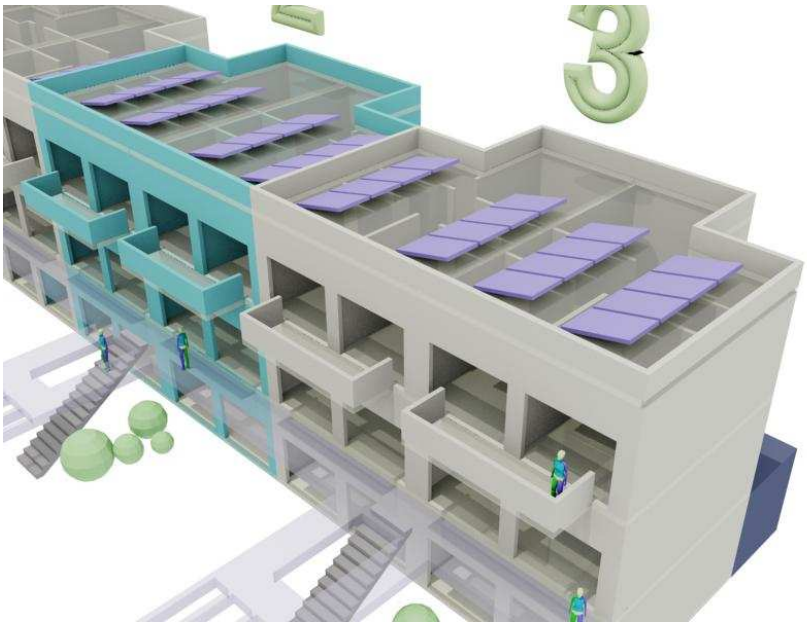
Y también tendremos en cuenta que a estos 96 captadores debemos restarle los que necesitamos para la producción de ACS, entonces para este cálculo tendríamos 89 colectores con una superficie captadora de

Con estos 89 captadores el aporte solar se verá como en la grafica 7.1.15



Gráfica 7.1.15: Comparativa aporte solar definido por el planificador / consumos energéticos calefacción y refrigeración. kWh

Con estos 89 captadores tendremos una superficie captadora de 195,8 m^2 y con ella logramos importantes aportes utilizando este sistema de generación.



7.1.7 Fracción de consumo energético que es satisfecha por la energía solar

Con estos 89 captadores logramos satisfacer la demanda de refrigeración en un **44,11 %**

Energía disponible kWh/m2	m2 reales sup. Colect.	19 Energía solar total	0,68 COP CW	20 % de sut.	21 Déficit energético
94,63	195,8	18529,00	12599,72	41,12	18044,92
117,42	195,8	22991,24	15634,04	39,50	23948,62
70,86	195,8	13874,80	9434,87	35,19	17379,19
90,15	195,8	17651,86	12003,26	60,65	7788,07
373,07		73046,89836		*44,11*	67160,80
kWh/m2		kWh		%	kWh

La demanda de calefacción en un **100 %**

Energía disponible kWh/m2	m2 reales sup. Colect.	19 Energía solar total	0,85 COP CW	20 % de sut.	21 Déficit energético
139,99	195,8	27410,78	23299,17	95,01	-2886,68
122,09	195,8	23904,66	20318,96	114,66	-6184,02
115,58	195,8	22631,08	19236,42	156,88	-10369,03
95,86	195,8	18769,11	15953,75	130,11	-6507,06
87,10	195,8	17054,43	14496,26	76,35	1931,97
85,85	195,8	16810,32	14288,78	64,74	5261,37
646,48		126580,39		*106,29*	-18753,46
kWh/m2		kWh		%	kWh

7.2 Dimensionado del equipo ClimateWell

La potencia, nos da orienta respecto a la demanda máxima que podemos tener en forma instantánea. Esto sucedería cuando todos los usuarios están demandando calefacción o refrigeración según sea la época, y la diferencia de temperatura entre la que busca el usuario y la exterior coincide con la que hemos calculado para el proyecto.

La importancia de este dato radica en que con el dimensionaremos la potencia del generador (auxiliar) que utilizaremos en el proyecto para que en ese momento puntual se pueda satisfacer esa demanda pico.

La energía, nos dice cuanto se va a consumir a lo largo de un tiempo determinado. Como hemos mencionado antes, con las energías renovables no buscamos satisfacer la potencia máxima de la instalación, sino satisfacer una fracción importante de la energía.

Ya hemos calculado la superficie captadora de energía solar, que nos da un aporte de energía tomando en cuenta el COP de la ClimateWell, para calcular cuántos KW de potencia obtenemos de estos colectores multiplicamos la superficie de captación por 0,7 kW/m^2 [13]:

195,8 m^2 x 0,7 = 137,06 kW de potencia.

Si por cada máquina necesitamos 15 – 20 kW para su funcionamiento tendremos:

Tomando para el cálculo el valor de 20 kW, y despejando m^2 de la ecuación,

m^2 x 0,7 kW/m^2 = potencia, tendremos m^2 = potencia/0,7 kW/m^2

m^2 = 15/0,7 = 28,57 m^2 de superficie colectora,

Entonces por cada 28,57 m^2 de superficie colectora podremos echar andar una ClimateWell.

Para 195,8 m^2 utilizaremos = 195,8 m^2 / 28,57 m^2 = 6,85 ClimateWell

Entonces nos decidiremos por utilizar **6 maquinas ClimateWell** capaces de aportar una fracción considerable de las demandas de refrigeración.

			ClimateWell SolarChiller
Circuito aporte de calor	Caudal		25 - 30 l/min
	Rango de potencias		15 - 20 kW
	Temperaturas de trabajo	Salida	75 °C – 100 °C
		Entrada	85 °C – 110 °C
	Presión de funcionamiento		3 bars
	Máxima presión		6 bars
	Tipo de fluido		Propilenglicol 1,2 L ≥ 15 % de concentración
Circuito de distribución	Caudal		25 - 30 l/min
	Potencia nominal		*Ver curvas de potencia*
	Temperaturas de trabajo	Salida	10 °C – 16 °C
		Entrada	15 °C – 21 °C
	Tipo de fluido		Propilenglicol 1,2 L ≥ 15 % de concentración
Circuito de disipación	Caudal		50 - 60 l/min
	Rango de potencias		20-30 kW
	Temperaturas de trabajo	Salida	30 °C a 45 °C
		Entrada	< 30 °C
	Tipo de fluido		Propilenglicol 1,2 L ≥ 15 % de concentración

Tabla 7.2.1: Datos de funcionamiento, ClimateWell. [14]

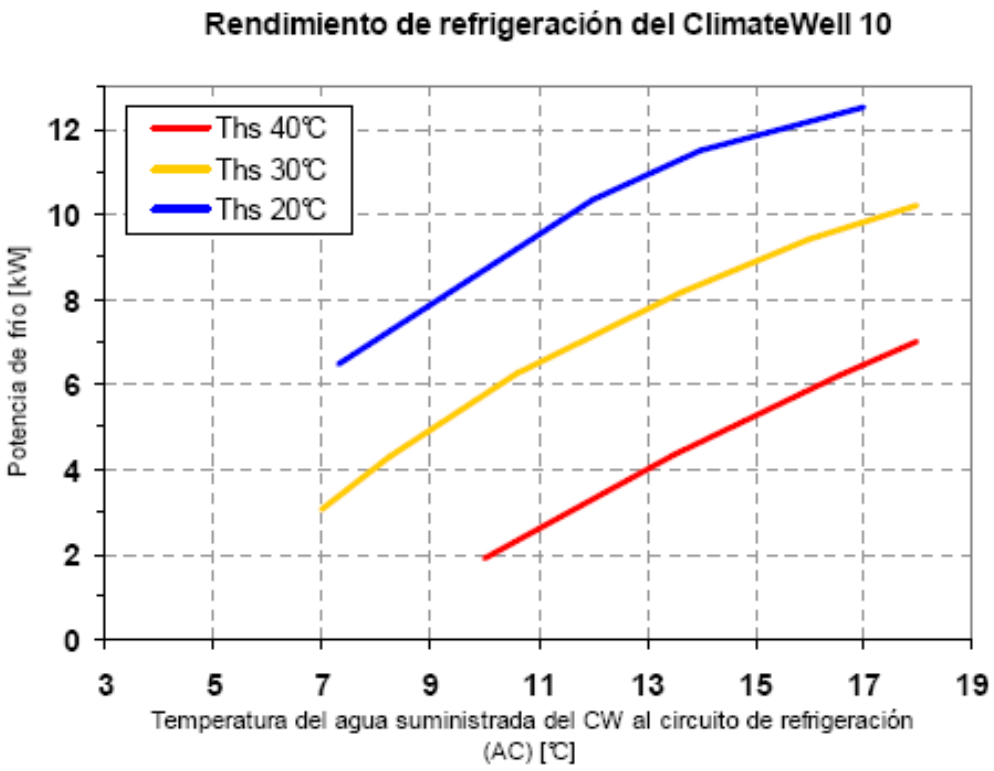


Tabla 7.2.2: Rendimiento de refrigeración. [14]

Cuanto mayor sea la temperatura hacia el sistema de distribución, mayor eficacia de funcionamiento tendrá ClimateWell 10 en el modo de refrigeración. Así pues, resulta ideal para aplicaciones de suelo/murales/techo radiantes en las que se utilicen temperaturas de caudal de hasta 17º C.

Si tenemos 30º C desde el disipador de calor y suministramos 15º C al circuito de refrigeración (suelo radiante), entonces la potencia de refrigeración por barril sería de 9 kW. Si se descargan ambos barriles al mismo tiempo, la potencia de refrigeración sería de 18 kW.

Para nuestro proyecto produciríamos un total de:

Mes	KW	demanda	KWh	m2	KW/m2	horas uso/ dia	KWh/m2 mes	KWh mes
Abril	18	80%	14,4	2005,92	0,007	6	1,29	2592,00
Mayo	18	100%	18	2005,92	0,009	6	1,67	3348,00
Junio	18	70%	12,6	2005,92	0,006	6	1,13	2268,00
Julio	18	50%	9	2005,92	0,004	6	0,83	1674,00
							4,93	**9882,00**

9882,00 kWh/año por 6 ClimateWell, nos da un total de **59292 kWh/año** dividido el número de kWh/año de demanda para refrigeración:

59292 kWh/año **/ 116832,69** kWh/año **= 0,50 de la demanda, igual al 50 % dato que concuerdan con el de la fracción de consumo energético que se satisface por la energía solar, igual al 44 %. Por tanto tendremos una media de 47% aproximadamente.**

8 Estudio de impacto ambiental

Estudio de impacto ambiental
La rentabilidad económica no será el único beneficio que podemos obtener de un proyecto que utiliza energías renovables, estas instalaciones aportan un importante valor añadido; conservación del medio ambiente.

El objetivo principal en cuanto el impacto ambiental de las energías renovables es el de evitar el impacto ambiental negativo de las fuentes de energía sustituidas.

La energía solar térmicas se encuentra entre una de las más respetuosas con el medio ambiente, entre sus beneficios más destacados encontramos:

- Son sistemas limpios y silenciosos que tienen una vida útil de 25 años aproximadamente con bajas necesidades de mantenimiento.

- No es necesaria ninguna estructura de transporte de energía, ya que la generación y el almacenamiento de encuentran en el mismo punto.

La reducción de emisiones a la atmosfera de CO2 es el principal beneficio a largo plazo, beneficio que comparten todas las energías renovables.

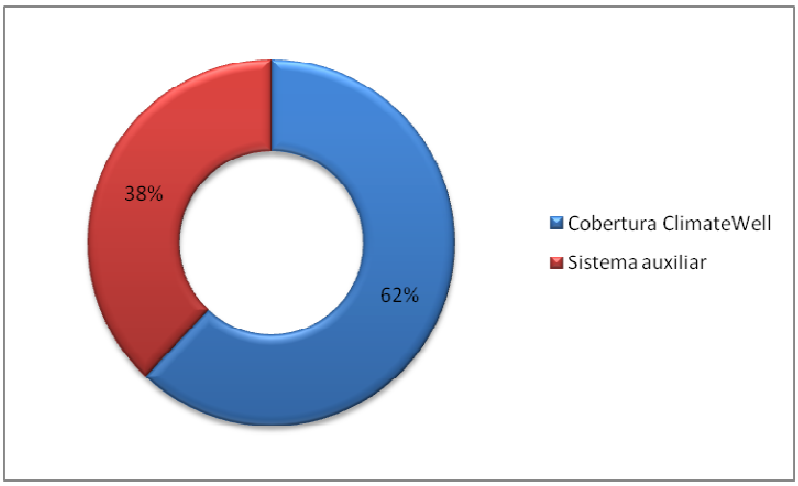
En cuanto a la maquina ClimateWell 10, esta no contiene refrigerante alguno, y pueden reciclarse todos los materiales. La solución LiCl también puede ser reciclada.

8.1 Análisis de Ahorros energéticos

Resumen

Resumen	Energía Ahorrada (kWh)	Reducciones (%)
Refrigeración	73046,90	44%
Calefacción	126580,39	100%
Agua Caliente Sanitaria	18352,81	62%

Total	
Cobertura ClimateWell	**62%**
Sistema auxiliar	38%



Emisión de CO2 equivalentes

Fuente de energía	kWh	Factor de conversión kg CO2/kWh	Emisiones (kg CO2)
Electricidad	217980,10	0,495	**107900,15**

107,90 Ton CO2, aprox.

9. Ahorro en el consumo mensual kWh/Quetzal.

Con el presente cálculo vemos que el proyecto se justifica tanto desde el punto de vista ambiental como del económico, puesto que los ahorros permiten amortizar la inversión. En un año se pueden recuperar Q.**381465,18** aproximadamente por lo que en unos 5 años tendríamos Q. 1907305,90**,** una importante cantidad de dinero.

Energía convencional

Resumen	(kWh)	Coste kWh	Q. año	Q. mes	Apto./mes
Refrigeración	116832,69	1,75	**204457,21**	17038,10	**946,56** Quetzales
Calefacción	107826,93	1,75	**188697,13**	15724,76	**873,60** Quetzales
Agua Caliente Sanitaria	29443,14	1,75	**51525,50**	4293,79	**238,54** Quetzales
Total	254102,76	1,75	**444679,83**	37056,65	**2058,70** Quetzales

Con el sistema CW planteado

Resumen	Energía Ahorrada (kWh)	Coste kWh	Q. año	Q. mes	Apto./mes
Refrigeración	73046,90	1,75	**127832,07**	10652,67	**591,82** Quetzales
Calefacción	107826,93	1,75	**188697,13**	15724,76	**873,60** Quetzales
Agua Caliente Sanitaria	18352,81	1,75	**32117,42**	2676,45	**148,69** Quetzales
Total	217980,10	1,75	**381465,18**	31788,76	**1766,04** Quetzales

Debido a que no contamos con datos reales del valor del equipo necesario y sus componentes ni tampoco los costos de importación que resultarían de transportar el equipo que nos puedan proveer en el país, no podemos realizar un estudio completo de rentabilidad, sin embargo con los cálculos que hemos realizado tenemos una idea clara de hasta dónde llegan los beneficios económicos.

10 CONCLUSIONES / RECOMENDANCIONES

A raíz del proceso de cálculo y análisis de resultados se evidencio la gran importancia que tiene hacer un diseño adecuado de las edificaciones, una orientación adecuada reduce considerablemente las cargas térmicas que se producen en el interior de los ambientes. Utilizar un buen material de cerramiento desde la concepción del edificio que permita ofrecer un confort interno adecuado minimizando el uso energía para climatizar los ambientes. Con un buen tratamiento de los cerramientos podremos proteger los ambientes interiores al cambio de temperaturas exteriores.

En el caso especifico de nuestro proyecto, vemos claramente que no se han tenido en consideración ninguna de las conclusiones anteriores. Se elevan en gran medida las cargas térmicas de calefacción y refrigeración, traduciéndose en un gasto excesivo de recursos si se quiere climatizar el ambiente interior.

La primera medida que habría que considerar es un tratamiento adecuado de los cerramientos para reducir las cargas térmicas para climatización.
Países como Guatemala presentan una gran deficiencia en este tema por lo que se debería dar más apoyo a este mercado al igual que al de las renovables.

La región Centroamericana posee un gran potencial solar para la aplicación de energías renovables. Su latitud presenta grandes ventajas, y es posible pensar en el desarrollo de estas tecnologías con optimismo.

El tipo de tecnología como la de “frio solar” ofrece un potencial enorme, ya que el país ofrece un buen aporte solar a través de captadores solares y debido a la variedad de microclimas que se encuentran en la región existen muchas posibilidades de aplicación.

Como se pudo calcular en el proyecto los ahorros en facturación eléctrica son considerables, y se podrá incrementar mas a medida que se obtengan productos de alta calidad y eficiencia, productos de importación y fabricación local

Si se logran solventar las barreras de conocimiento técnico por parte de instaladores en la región a través de empresas locales e inversores extranjeros, la brecha que existe actualmente quedara cubierta y el mercado de las energías renovables (solar térmica en este caso) podrá crear fuentes de trabajo, ayudar al desarrollo de la región y de los pueblos.

11 BIBLIOGRAFIA

Libros, webs y documentos:

[1] ORDENANZA SOLAR TÉRMICA. Normativa legal de aplicación. Gestor integral de la Ordenanza Solar Térmica. www.barcelonaenergia.cat/gestorost/normativa.htm.

[2] GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS. Gestor integral de la Ordenanza Solar Térmica. www.barcelonaenergia.cat/gestorost/projectes.htm.

[3] MANUAL TÉCNICO CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE UPONOR. Documentación. http://www.uponor.es/home.asp.

[4] CATÁLOGO SUELO RADIANTE Y REFRESCANTE DE SAUNIER DUVAL. Catálogo comercial de suelo radiante. www.saunierduval.es/Portal/catalogoSueloRadiante.jsp.

[5] MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO CARRIER. Por Carrier Air Conditioning Co. Publicada por McGraw-Hill, New York.

[6] Conocimientos técnicos de climatización. Cano Pina S.L. Ediciones CEYSA, editorial técnica.

[7] RITE, “Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios RITE (Ediciones Ceysa), apartado ITE 02.

[8] The Nebraska Astronomy Applet Project, Interactive, simulator-based, http://astro.unl.edu/

[9] Proyecto Singular Estratégico de I+D sobre Arquitectura Bioclimática y Frío Solar (PSE-ARFRISOL), CIEMAT, programa: Plan Nacional de I+D-MEC. http://www.energiasrenovables.ciemat.es

[10] PSE-ARFRISOL, http://www.arfrisol.es/ARFRISOLportal/

[11] CATALOGO COMERCIAL, ClimateWell, infoiberica@climatewell.com – www.climatewell.com

[12] DESCRIPCION DEL PRODUCTO, ClimateWell, infoiberica@climatewell.com – www.climatewell.com

[13] RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios) RD 1027/2007 publicado el 29/08/2007. Artículo 15 punto 3.

[14] Guía de diseño, Climatización Solar, ClimateWell, www.climatewell.com, distribuidores locales.

[15] Plataforma de Brasilia sobre energías renovables, La Comisión Económica para América Latina (CEPAL), http://www.eclac.cl/

[16] Especial América, La hora de la oportunidad, ENERGIAS RENOVABLES, 84 DIC.09 www.energias-renovables.com.

[17] Política Energética, Ministerio de energía y minas, República de Guatemala. 2009.

BUN-CA, Fundación Red de Energía, http://www.bun-ca.org

NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN NBE-CT-79, SOBRE CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS, ISOVER.

CALEFACCIÓN / REFRESCAMIENTO POR SUPERFÍCIES RADIANTES DE REHAU. Descargas. www.rehau.es/downloads.shtml.

CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SOLAR ECOSOL B,Swisscontact. http://www.bunca.org

Software:

Microsoft Word
Microsoft Excel
Microsoft Power Point
Autocad
Interactive, simulator-based, The Nebraska Astronomy Applet Project.
Cálculos OST (Soporte a los cálculos de gestión de instalaciones de energía solar térmica. Agencia de energía solar. Ayuntamiento de Barcelona)
Psycho Tool, grafico interactivo de la tabla psycrometrica.

Catálogos, contacto personal e informaciones diversas de les empresas:

ClimateWell, Innovasolar S.L.U., INVERSOL ENERGIA SOLAR, S.L., Grupo Terravita, DSPSolar (distribuidores solares del principado), entre otras.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mis papas, hermanos, abuelos, Edith, a mis amigos que han sido mi familia en este lugar, a la familia de Rickshaw que me dio de comer, a Barcelona por recibirme, Sergi, Alberto, a los que ya no están acá… pero que están más aquí, y a esta máquina en la que escribo que no acabo de romperse…