



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR
PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE
CHULUCANAS - PIURA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor (es):

Bach. Correa Sánchez Juan Andersson

<https://orcid.org/0000-0002-4328-1186>

Asesor:

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

<https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel –Perú

2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA
ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE
CHULUCANAS – PIURA.**

-Aprobación de Jurado.

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Asesor

MSc. Vives Garnique Juan Carlos.

Presidente del Jurado de Tesis.

MSc. Alvarado Silva Carlos Alexis.

Secretario del Jurado de tesis .

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo.

Vocal del Jurado de tesis.

DEDICATORIA

En primer lugar, este trabajo investigativo, va dedicado a mi padre celestial, a “JEHOVA DIOS” por brindarme su cuidado, por guiar mis pasos y convertirme en una persona de bien.

En segunda instancia, dedico este trabajo de tesis a mis padres “Asunción Presbítero Correa Suarez” y “María Esther Sánchez Córdova” por ser el motor y motivo para seguir luchando y alcanzar mis metas y sueños en mi vida, por su amor, apoyo, por bríndame la dicha e inculcarme a la educación y es gracias a ellos quien soy.

AGRADECIMIENTO

Por su amor, por su cuidado, por las fuerzas, por la protección, y por la vida, siempre estaré eternamente agradecido con JEHOVA DIOS, mi padre celestial, quien es el motor de mi vida y es gracias a él quien soy.

Agradezco a mis padres, “Asunción Presbítero Correa Suarez” y “María Esther Sánchez Córdova” por su amor genuino hacia mi persona, por la educación que me han brindado y poder ayudarme a cumplir ya una meta en mi vida, muchas gracias, “papá” “mamá”, los amo mucho.

A mi tío “Juan Gaona Huaccha”, muy agradecido por su persona, por el afecto y ayuda incondicional que siempre me ha brindado, y por sus consejos que siempre me ha brindado.

Gracias totales...

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS – PIURA.

DESIGN OF A HEATED FLOOR AIR CONDITIONING SYSTEM TO ENSURE THE COMFORT OF THE EDUCATIONAL INSTITUTION N ° 14616 DE CHULUCANAS – PIURA.

Juan Andersson Correa Sánchez^a

Resumen.

La siguiente investigación tiene por objetivo diseñar un sistema de climatización por suelo radiante para tener una temperatura de confort en las aulas de la institución educativa “Sabina Cueva Catillo – 14616”, ubicada en la ciudad de Chulucanas y así lograr beneficiar a la población estudiantil.

En la investigación se utilizó una ficha climatológica, la cual permitió recolectar parámetros durante un año (2020) y donde se obtuvo que la temperatura promedio anual en el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, departamento de Piura, es de 31°C con una humedad relativa del 60% y con una sensación térmica de 34°C.

Con estas condiciones climatológicas se realizaron los cálculos de cargas térmicas por aula y en donde se obtuvo que se tiene una carga de 9.8 kW, luego con esta carga a enfriar se dimensionaron los componentes del sistema por techo radiante, el cual para la refrigeración de ambientes es más eficiente.

La investigación incluyó el cálculo del presupuesto del sistema en el cual el monto es de S/. 29, 747.24; lo cual comparando con un sistema de aire acondicionado es un monto similar, pero con la diferencia que el sistema por techo radiante es más efectivo.

Palabras Claves: *Techo radiante, sistema de climatización, confort.*

^a Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email andersonju@crece.uss.edu.pe y registro ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4328-1186> .

Abstract

The following research aims to design an underfloor air conditioning system to have a comfortable temperature in the classrooms of the educational institution "Sabina Cueva Catillo - 14616", located in the city of Chulucanas and thus be able to benefit the student population.

In the research, a climatological file was used, which allowed to collect parameters during a year (2020) and where it was obtained that the annual average temperature in the district of Chulucanas, province of Morropón, department of Piura, is 31 ° C with a Relative humidity of 60% and with a thermal sensation of 34 ° C.

With these weather conditions, the calculations of thermal loads per classroom were carried out and where it was obtained that there is a load of 9.8 kW, then with this load to be cooled, the components of the radiant ceiling system were dimensioned, which for the cooling of environments it is more efficient.

After completing the investigation, the budget of the system was made, in which the amount is S / . 29, 747.24; which comparing with an air conditioning system is a similar amount, but with the difference that the radiant ceiling system is more effective.

Keywords: *Radiant ceiling, air conditioning system, comfort.*

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
<i>Resumen.</i>	v
Abstrac	vi
ÍNDICE	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Realidad Problemática.....	12
1.2 Trabajos previos.	14
1.3 Teorías relacionadas al tema.	17
1.3.1 Aspectos generales de la energía solar térmica.....	17
1.3.2 Descripción de las instalaciones solares térmicas.....	18
1.3.3 Aplicaciones sobre la energía solar térmica.....	18
1.3.4 Fundamentos de Transferencia de Calor.....	21
1.3.5 Descripción de Sistemas Radiantes	24
1.3.6 Descripción Del Piso Radiante	24
1.3.7 Confort	32
1.3.8 Otros componentes de confort	32
1.4 Formulación del Problema.	35
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	35
1.5.1 Justificación técnica	35
1.5.2 Justificación social	36
1.5.3 Justificación económica	36
1.5.4 Justificación ambiental.....	36
1.6 Hipótesis.....	36
1.7 Objetivos.	36
1.7.1 Objetivo General.....	36
1.7.2 Objetivos específicos	37
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	38
2.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	38

2.1.1	Tipo.....	38
2.1.2	Diseño.....	38
2.2	Población, Muestra y Muestreo.....	38
2.2.1	Población.....	38
2.2.2	Muestra.....	38
2.3	Variables, Operacionalización.....	38
2.3.1	Variables.....	38
	Variable independiente.....	38
	Variable dependiente.....	38
2.3.2	Operacionalización de variables.....	39
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	40
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	40
2.4.3	Confiabilidad de los instrumentos.....	40
2.4.4	Validación de los instrumentos.....	41
2.5	Procedimiento de análisis de datos.....	41
2.6	Criterios éticos.....	41
2.6.1	Código De Ética Del Colegio De Ingeniero Del Perú (CIP).....	41
2.6.2	Código De Ética De La Universidad Señor Sipán.....	42
2.7	Criterios de rigor científico.....	42
III.	RESULTADOS.....	44
3.1.	Presentación de resultados.....	44
3.1.1.	Diagnóstico de la situación actual de la institución educativa “Sabina Cueva Castillo -14616”.....	44
3.1.2.	Calcular las cargas térmicas de la I.E “sabina cueva castillo - 14616”.....	46
3.1.3.	Dimensionar los elementos que conforman el sistema de climatización por suelo radiante. 63	
3.1.3	Realizar el presupuesto de la implementación del piso radiante en la Institución Educativa N° 14616.....	76
3.2.	Discusión de Resultados.....	80
3.3.	Aporte práctico.....	81

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS	89
Anexo 01. Carta de autorización.....	89
Anexo 02. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos, 1°F.....	90
Anexo 03. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas de paredes al sol, 1°F.....	91
Anexo 04. Descripción de grupos de construcción de paredes.....	92
Anexo 05. Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción (parte I).....	93
Anexo 06. Resistencia térmica de superficies con películas y espacios de aire.....	97
Anexo 07. Secciones transversales de construcciones típicas de techos y paredes (parte I).....	98
Anexo 08. Coeficiente global U de transferencia de calor para componente de edificaciones (parte I).....	101
Anexo 09. Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio.	104
Anexo 10. Condiciones exteriores de diseño (parte I).	105
Anexo 11. Radiación solar a través de vidrio factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio, latitudes norte.	110
Anexo 12. Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin sombreado interior por personas venecianas enrollables.	111
Anexo 13. Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado.....	112
Anexo 14. Ficha técnica de tubería.....	113
Anexo 15. Ficha técnica del poliéster expandido.....	114
Anexo 16. Ficha técnica del panel – yeso PLAFORAD GK.	116
Anexo 17. Ficha técnica de colector de acero inoxidable.	117
Anexo 18. Ficha técnica de bomba de recirculación WILO STRA RS2514.	119
Anexo 19. Ficha técnica de bomba de calor de 12kW.....	120
Anexo 20. Ficha técnica de bomba de calor de 12kW.....	121
Anexo 21. Juicio de expertos para validación de instrumento utilizado en la investigación.....	

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los sistemas de refrigeración solar.....	20
Tabla 2. Características del piso radiante.	24
Tabla 3. Conceptos y beneficios del enfriamiento por suelo.	25
Tabla 4. Especificaciones técnicas de todas las superficies.....	49
Tabla 5. Inicio de la jornada escolar.	51
Tabla 6. Ganancias de calor a través de las paredes (NORTE - ESTE).	51
Tabla 7. Ganancias de calor a través de las paredes (SUR – ESTE).	52
Tabla 8. Valor del FB por el tipo de luminaria.	55
Tabla 9. Horas de ocupación de luminarias según el turno.	55
Tabla 10. Según el método de fisuras – perdidas por infiltración.	58
Tabla 11. Carga térmica total por aula.....	60
Tabla 12. Cargas térmicas totales en toda la I.E.	61
Tabla 13. Techo radiante - suelo radiante.	64
Tabla 14. Cuadro comparativo de tuberías.	65
Tabla 15. Cuadro comparativo de tipos de aislante.	67
Tabla 16. Superficie mínima del techo. (AENOR, 2017).	68
Tabla 17. Cuadro comparativo de tipos de falsos techos.....	69
Tabla 18. Cuadro comparativo de colectores.....	72
Tabla 20. Presupuesto de materiales.....	76
Tabla 21. Presupuesto de instalación.....	76

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Comparativa entre distintos sistemas de calefacción.	19
Figura 2. Esquema básico de una instalación solar térmica para calefacción.	19
Figura 3. Esquema básico de una instalación solar térmica para refrigeración.....	21
Figura 4. Conducción de calor a través de una pared plana grande de espesor.....	22

Figura 5. Calor por radiación, separados por un medio más frío.....	23
Figura 6. Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección...24	24
Figura 7. Sección tipo de un suelo radiante	26
Figura 8. Fotos de Film.....	26
Figura 9. Cinta o zócalo perimetral.	27
Figura 10. Panel de suelo radiante ALB.	28
Figura 11. Distribución en serpentín.	28
Figura 12. Distribución en doble serpentín.....	29
Figura 13. Distribución en espiral.	29
Figura 14. Colectores.....	30
Figura 15. Armario.	31
Figura 16. Regulación.....	31
Figura 17. Descripción de tipos de temperatura en el ser humano.	33
Figura 18. Carta psicométrica.....	33
Figura 19. Diagrama – zonas de confort.....	35
Figura 20. Ubicación del centro educativo “Sabina Cueva Castillo – 14616.....	45
Figura 21. Frontis del colegio "Sabina Cueva".....	45
Figura 22. Proceso por radiación y convección.....	46
Figura 23. Ganancia de calor en una habitación.....	47
Figura 24. La temperatura promedio por hora.....	50
Figura 25. Resultados del software CHAVAC.....	62
Figura 26. Tubería.	65
Figura 27. Falso techo.....	68
Figura 28. Niveles de comodidad de la humedad.....	70
Figura 29. Diagrama psicométrico de la humedad relativa.	71
Figura 30. Esquema simplificado de una bomba de calor <i>aire – agua</i>	74
Figura 31. Bomba de calor seleccionada.	75
Figura 32. Pabellón de la escuela donde se seleccionó el aula para el estudio.....	77

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática.

Durante los últimos años las altas temperaturas han registrado un importante riesgo para la salud. Una de ellas la existencia de altas temperaturas en el ambiente laboral, que ha traído consigo, una fuente de problemas especialmente en el confort y la salud de los trabajadores. (Stérling, 2015)

Dada la metamorfosis del clima al que estamos expuestos en tiempos recientes, a muchos de nosotros nos gustaría encontrar un oasis que nos permita saciar la sed, protegernos del sol y refrescarse en días con altas temperaturas. Esta problemática está en el sector de la refrigeración y así también en la de la climatización, y que está en búsqueda de soluciones y brindar bienestar a las personas expuestos a un ambiente laboral. (Mesa, 2017)

Utilizar energías renovables en entorno a un ambiente climatizado, está basada en una exhaustiva búsqueda soluciones que enfrentaran los problemas energéticos y ambientales ante la humanidad. El trabajo investigativo trata de generar una variante de frio solar, la climatización por “piso radiante”. (Torres. & Monteagudo Yanes, 2014)

Los sistemas de calefacción radiante se utilizan principalmente en Europa. Estos aires confortables se pueden utilizar en casas, apartamentos, hoteles, oficinas o colegios. No importa si se trata de una obra no declarada o si la construcción ya se ha completado, para ello existe una alternativa de instalación para cada situación. Las ventajas frente a los sistemas de aire acondicionado, es en el sector del transporte de energía que inicia en la central térmica hasta la habitación a calentar para que sea más eficiente. La demanda del sistema de confort, la mejora del aislamiento en los edificios y mayores cargas internas en relación a personas y equipos ha despertado interés en instalar también un sistema de refrigeración, con el fin de mantener las temperaturas internas dentro del nivel de confort. (Soluciones de Climatización Invisible)

En España, la sección climática es de gran escala, ya sea que dependa de los distintos factores que crea, sus volúmenes económicos, su modo de uso, sus implicaciones sociales y medioambientales. Es por ello que la sección del clima ha logrado grandes avances, por tanto, el más importante se basa en el suelo radiante. (Alarcia, y otros, 2017)

La radiación solar, como la energía más esgrimida en el mundo, se convierte en una de las variables más importantes en sus procesos. Por otro lado, la gran variación topografía y climática

del territorio peruano hace necesario considerar una evaluación más precisa y detallada de este recurso. El Perú, en un contexto general, es un país con una topografía muy variada, de gran diversidad climática y unas condiciones excepcionales que le otorgan un alto potencial energético renovable. (BÖHME, y otros, 2003)

Las altas temperaturas de nuestro país todavía se ven afectadas principalmente en la costa norte. De acuerdo con los datos observados por Senamhi, estamos registrando temperaturas basadas en regiones como Lambayeque y Piura en 38.4 °C y 39 °C, respectivamente. Son valores muy altos que representan ambas regiones ante ello, se suma un alto riesgo en lo laboral una disconfort en sus habitantes. (SENAMHI, 2020)

La clarividencia de confort térmico busca formas de ahorrar energía, por ello, analiza los diferentes estudios y habilidades conductuales asociadas en estudiantes. En las escuelas, la temperatura, es una de las medidas de confort para mejorar el aprendizaje y los resultados académicos debido a su relación con la actividad mental y la calidad del aire interior, generando presión sobre la normativa edificación escolar. (Aparicio Ruiz, Onieva, Escudero Santana, & Muñuzuri, 2018)

Así mismo se ha observado, específicamente en el distrito de Chulucanas, que durante los meses de verano, en entorno al año escolar, muchas instituciones educativas se ven obligadas a suspender sus labores, debido a las altas temperaturas registradas en varios lugares y que los establecimientos educativos no cuentan con sistema de aire acondicionado, para brindar un óptimo confort a sus alumnos, de igual manera este problema se prolonga hasta mediado de año, perjudicando la incomodidad de los alumnos, debido por el exceso de calor que se registrar dentro la escuela.

La institución educativa N° 14616, que lleva por nombre “Sabina Cueva Castillo”, está ubicada en el área urbana de la ciudad de Chulucanas, departamento de Piura. Las temperaturas durante el año fluctúan entre 20 °C y 33 °C, siendo la temperatura máxima 37°C aproximadamente, que incide en el normal desarrollo de las clases por exceso de calor, es en este sentido, se ha propuesto diseñar un sistema de climatización por suelo radiante, que permitirán un ambiente confortable y un ahorro de energía, dentro del entorno propuesto.

1.2 Trabajos previos.

Las siguientes publicaciones serán los antecedentes sobre los que se sustenta el siguiente trabajo de investigación.

David Lorbada (2015); realizó una investigación titulada: “Climatización de un edificio público mediante Suelo Radiante / Refrescante”; en la universidad Carlos III de Madrid – España, para obtener el grado académico en Ingeniería Mecánica. Este proyecto investigativo tiene como objetivo diseñar un sistema de climatización de un edificio público localizado en la ciudad de Madrid, por medio del sistema de suelo radiante / refrescante, acoplado una bomba de calor aire – agua. Para cumplir con el propósito del proyecto, ha implementado las diferentes normas vigentes como: el reglamento de instalaciones térmicas (RITE), el código técnico de la edificación (CTE) y la normativa de diseño de suelo radiante (UNE-EN-1264). Así mismo, se realizó una comparativa entre una eficiencia energética anual y un coste económico con una instalación con bomba de calor aire – aire.

Fenga, Schiavonb y Buaman (2016); en su artículo científico titulada: “Nuevo método para el diseño de sistemas de refrigeración por suelo radiante con radiación solar”, desarrollado en los Estados Unidos. El artículo científico tiene como objetivos utilizar herramientas de simulación dinámica, con el fin de investigar los impactos de la radiación solar en la capacidad de enfriamiento del piso, y así mismo implementar un nuevo método simplificado para poder calcular la capacidad de enfriamiento del piso radiante cuando la radiación solar directa está presente. Para la evaluación de diseño sobre los diferentes impactos de la energía solar se ha utilizado Energy-Plus. En conclusión, los datos obtenidos de la simulación mostraron que las capacidades de enfriamiento en modo real son en promedio 1,44 veces más altas que los valores calculados con el método ISO11855, y 1,2 veces más altas que con el método ASHARE.

Jaewan Joe y Panagiota Karava (2019); en su artículo científico titulada: “Un modelo de estrategia de control predictivo para optimizar el rendimiento de sistemas radiantes de calefacción y refrigeración por suelo radiante en edificios de oficinas”, realizado en los Estados Unidos. Este artículo científico da a conocer una estrategia de operación inteligente basada en el control predictivo del modelo (MPC) para optimizar el desempeño de los sistemas de piso radiante hidrónico en edificios de oficinas. Su enfoque MPC utiliza estimaciones dinámicas y predicciones de cargas y temperaturas de zona, condiciones climáticas al aire libre y modelos

de sistemas HVAC para minimizar el consumo de energía y el costo mientras se cumplen limitaciones de equipamiento y confort térmico. En conclusión, los resultados obtenidos del MPC muestran un ahorro de costos del 34% en comparación con el control de retroalimentación de referencia durante la temporada de enfriamiento y un 16% de uso de energía reducción durante la temporada de calefacción. Además, el sistema de piso radiante con el controlador predictivo muestra 29–50% ahorro de energía en comparación con un sistema de suministro de aire de línea base que sirve a dos zonas térmicas idénticas ubicadas en el mismo edificio.

Yi Xia, Xiao-Song Zhang (2016); en su artículo investigativo titulada: “Investigación experimental sobre un sistema de suelo radiante de doble capa con material de cambio de fase en modo calefacción”, desarrollado en China. En este artículo, se propone un nuevo sistema de suelo radiante de doble capa con material de cambio de fase (orgánicos), que puede almacenar energía térmica o fría en el período no pico y utilizarla en el período pico. Su nuevo sistema puede funcionar tanto en verano como en invierno, y el sistema no necesita un sistema de refrigeración adicional, que solo funciona en verano para suministrar aire frío. Se desarrolló una configuración experimental para estudiar el rendimiento del nuevo sistema en modo de calefacción. Los resultados muestran que el sistema de suelo radiante de doble capa con material de cambio de fase puede satisfacer la necesidad térmica de los usuarios en modo calefacción.

David Iglesias (2016); realizó una investigación titulada “Proyecto en relación al suelo radiante con captadores solares para agua caliente sanitaria en un piso”; en la universidad de Lleida – España, para obtener el grado académico en Ingeniería Mecánica. Este proyecto investigativo tiene como objetivo planificar y dimensionar un sistema de colector solar para abastecer agua caliente sanitaria, mediante un sistema de calefacción haciendo uso de la energía solar térmica con sistemas radiantes, en recintos de viviendas, ubicados en la localidad de Tamarite, provincia de Huesca. El diseño consiste en bobinas de tubos de polietileno reticulado, instalados bajo el suelo de las habitaciones climatizadas, que comienzan y terminan con colectores. El interés medioambiental y el ahorro energético fueron motivo suficiente para elegir este tipo de instalaciones. Se concluye que este proyecto garantiza el confort y la comodidad de los ocupantes mediante la provisión de ACS. Además de generar ahorros anuales de combustible que permitan amortizar la inversión.

Roque Cuba (2018); realizó una investigación titulada: “Evaluación y simulación de un piso radiante en el albergue del centro poblado de Imata ubicado a 4500 msnm”; en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, para optar el título profesional de licenciado en física. Se realizó una evaluación y simulación de sistemas radiantes, con el fin de conocer el aporte energético de los colectores tanto al tanque térmico como al suelo radiante y al mismo tiempo realizar la simulación del comportamiento de la temperatura superficial del suelo y su efecto. Esta tesis se desarrolló con el objetivo de brindar salud a las personas que viven en lugares fríos, como es el centro poblado de Imata, a más de 4000 msnm, donde las temperaturas mínimas oscilan entre $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. El diseño consiste en colectores solares que calientan el agua con anticongelante y la transportan a través de tuberías enterradas bajo el suelo para calentarla. En conclusión, este trabajo presenta un punto de vista sobre el ahorro energético y el confort térmico, desarrollado una nueva forma de calefactar con energías renovables.

Willy Berrio y Fredy Huancco (2017); realizó una investigación titulada: “Diseño de un prototipo de calefacción por m^2 de superficie de piso radiante utilizado PCMS aprovechando la energía solar térmica en la ciudad de puno”; en la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. Esta disertación tiene como objetivo mostrar otra forma de calefacción denominada suelo radiante, utilizando PCMS. Este proyecto consistió en recircular agua caliente en el interior del sistema de tuberías manteniendo una temperatura promedio entre $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, y a través del PCMS mediante la transferencia de calor, se puede obtener temperaturas entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fin de que las temperaturas se mantengan en las mejores condiciones de confort térmico en el ambiente, siendo el principal propósito de este trabajo el diseño un piso calefactor que propicie condiciones para la mejora de la calidad de vida en pobladores de la ciudad de Puno. Al concluir la investigación, se pudo concluir que las pruebas operativas en la zona fue que la temperatura del prototipo de 20 a $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, mantuvieron una duración de 205 horas con una carga promedio de 25 minutos, estos resultados conducen al ahorro de energía.

John Díaz y Franklin Tinta (2017); realizó una investigación titulada: “Diseño Y Construcción De Un Módulo Experimental De Suelo Radiante A Energía Solar”; en la Universidad Nacional de San Antonio Abad – Cusco, para optar el título profesional de

ingeniería mecánica. Esta disertación tiene como objetivo despertar el interés en nuevos sistemas de calefacción, que aporten un alto nivel de confort, como el sistema de suelo radiante que consiste en la instalación de tuberías bajo el suelo y por donde circulara el agua caliente, de esta forma se busca calentar los recintos sobre el suelo, además del uso de energía solar. Para el dimensionamiento del sistema, el investigador propone el uso de métodos numéricos como el método de cálculo de “diferencias finitas”, cuyo método permitió analizar el proceso de transferencia de calor con una mayor precisión y ayudo a tomar decisiones correctas al dimensionar el diseño del sistema por calefactor. Así mismo al realizar las pruebas experimentales, se comprobó que el sistema si proporcionó las condiciones de confort en los recintos de los ambientes. De igual manera se desarrolló un estudio de costos con lo cual se pudo determinar la viabilidad optima del sistema de calefacción durante periodos de operación.

Deybe Benavente y Hernán Sucari (2016); realizó una investigación titulada: “Diseño y construcción de un módulo de suelo radiante utilizando gas natural en la ciudad de Juliaca”; en la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” – Juliaca, para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista. Este proyecto investigativo tiende a diseñar y construir un sistema por suelo radiante que permitió utilizar el calor excedente de los sistemas térmicos y aprovechar las pérdidas para transformarlas en energía. Dicha investigación consiste en transportar agua mediante tubos con o sin aditivos como fluido calefactor. El agua es calentada, y transportada por tuberías bajo el suelo, realizando un intercambiador de calor entre el mortero y el agua. La conclusión principal de este proyecto es el aprovechamiento del calor transferido de manera adecuada a un ambiente cerrado, cuyo fin es lograr un confort térmico agradable para las personas.

1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 Aspectos generales de la energía solar térmica

Si desea utilizar energía solar, primero se debe preguntar de cuanta energía llega al lugar donde desea recolectarla. Es decir, cuanta radiación solar recibirá por unidad de área. Por ello, primero tenemos que saber que es la radiación solar y como se comparte y cuanta energía se puede absorber en función de la región del mundo en la que nos encontramos. (Cózar, 2006)

Dependiendo de la forma en que recolectemos la radiación solar, podemos generar energía

térmica o convertirla en electricidad, según la tecnología utilizada. El calor se obtiene mediante captadores solares térmicos, mientras que la electricidad suele obtenerse mediante los denominados módulos fotovoltaicos. Ambos procesos no tienen nada que ver entre sí en términos de tecnología o aplicación. (Cózar, 2006)

1.3.2 Descripción de las instalaciones solares térmicas

El sistema solar térmico contiene una serie de componentes que realizan las funciones de poder captar la radiación emitidas por el sol y las convierte de manera directa en energía térmica, lo transfiere a un fluido de trabajo y, para finalizar lo almacena de manera eficiente esta energía térmica ya sea en el mismo fluido durante las horas de trabajo del colector o transferirla a otro, para poder utilizarlo posteriormente en los puntos de consumo. (SEDIGAS, 2013)

1.3.3 Aplicaciones sobre la energía solar térmica

La radiación solar se puede utilizar de diferentes formas para climatizar una habitación, como se menciona a continuación (Marín, 2014):

- Radiación solar directa: también llamada energía solar térmica. Está se utiliza para colocar acristalamientos y varios elementos de gran masa y de alta capacidad que absorban energía térmica.
- Conversión de la radiación solar a calor: el punto es calentar los fluidos térmicos que fluyen internamente por medio de colectores solares, llamando este sistema como energía solar térmica.

El principio de funcionamiento que actúa sobre la energía solar térmica es mediante el aprovechamiento sobre la radiación solar para calentar un fluido, ya sea agua o aire. Entonces se puede deducir que la capacidad de convertir los rayos solares en calor es exactamente el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable. (Cózar, 2006)

1.3.3.1 Calefacción

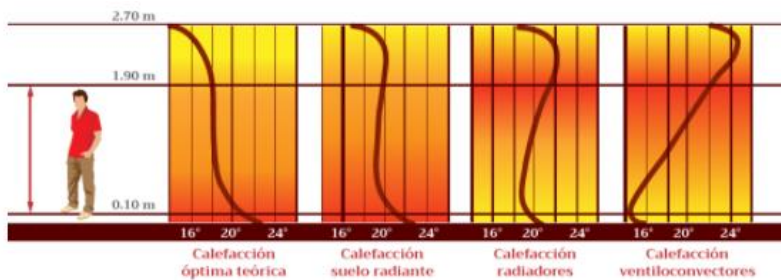
En relación a sistemas radiantes, la calefacción por piso radiante tiene la ventaja de que la fuente de emisión de calor es el propio suelo, es decir, la parte más baja de la habitación, de modo que cuando se calienta, el aire ambiente sube, a su vez calienta toda la habitación y proporciona una sensación muy agradable al mantener los pies calientes y la cabeza fresca. (Checya, 2018)

Para los humanos, existe una distribución de temperatura ideal en una habitación, tal como

lo muestra en la figura N° 01. Si analizamos esta curva (diagrama), vemos que es cómodo lograr una temperatura más alta en el piso que en el techo, porque el calor en los pies produce bienestar mientras que un calor fuerte en el nivel principal genera malestar. En estos gráficos de distribución de temperatura, se estima que la calefacción por suelo radiante es el sistema más cercano a la calefacción ideal. (Irapuato, s.f.)

Figura 1.

Comparativa entre distintos sistemas de calefacción.

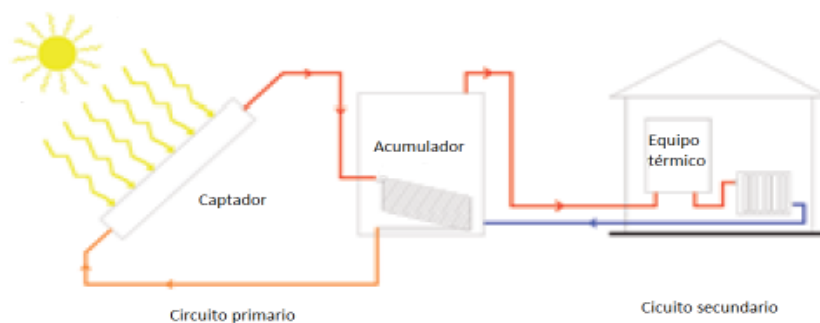


Fuente: (Irapuato, s.f.)

En la figura N°02, se muestra un esquema que es el básico para una instalación solar térmica que produce el calentamiento del agua, dicho sistema está compuesto por el conjunto de elementos de captación, un conjunto de intercambio y un acumulador, y también un equipo de apoyo convencional que aporta energía adicional si es necesario, todo regulado por los elementos de regulación y de control. (SEDIGAS, 2013).

Figura 2.

Esquema básico de una instalación solar térmica para calefacción.



Fuente: (SEDIGAS, 2013)

1.3.3.2 Refrigeración

Los hábitos de bienestar actuales han provocado un aumento de las necesidades de refrigeración en las edificaciones. Esta gran demanda que se requiere en la refrigeración suele ser satisfecha por equipos que utilizan electricidad, los cuales generan una alta emisión de dióxido de carbono y gases contaminantes, debido a su coeficiente de transferencia de energía primaria, provocando elevados picos de consumo en las redes de distribución eléctrica durante la temporada de verano. (SEDIGAS, 2013)

Según la zona, la demanda de refrigeración es igual o superior a la demanda de calefacción. Esta demanda está relacionada con la radiación solar, porque cuanto mayor es la radiación solar, más demanda de refrigeración se requiere normalmente para satisfacer las necesidades del usuario. (Marín, 2014)

Los sistemas de climatización solar ofrecen varias ventajas sobre los sistemas convencionales:

Tabla 1.

Ventajas e inconvenientes de los sistemas de refrigeración solar.

Refrigeración solar	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Durante la época de mayor radiación solar también es el periodo de mayor demanda.• Se emplean refrigerantes que no generan gases contaminantes ni residuos.• Al no utilizar compresores mecánicos se disminuyen los emisores de dióxido de carbono.• Consumo eléctrico bajo.	<ul style="list-style-type: none">• Elevada inversión inicial.• Mantenimiento complejo.

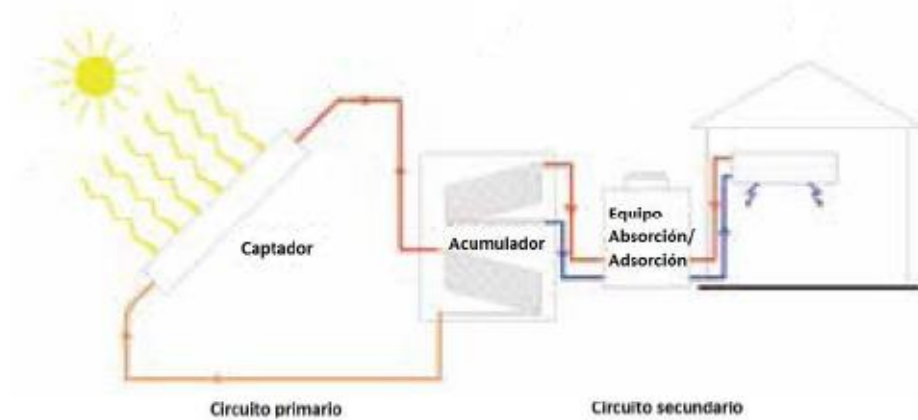
Fuente: (Marín, 2014)

El esquema básico de un sistema solar térmico para refrigeración se muestra en la figura N°03 y consta del conjunto de captación, el conjunto de intercambio y acumulación y el sistema de refrigeración por absorción, que un sistema complementario convencional puede tener soporte o no. Estos sistemas ofrecen numerosas variantes y pueden considerarse hechos a medida, ya que pueden equiparse con soporte térmico complementario u otro aire acondicionado

independiente y muchas otras combinaciones. (SEDIGAS, 2013)

Figura 3.

Esquema básico de una instalación solar térmica para refrigeración.



Fuente: (SEDIGAS, 2013)

1.3.4 Fundamentos de Transferencia de Calor

La transferencia de calor es uno de los sistemas de ingeniería y otras áreas de la vida, que no es necesario mirar de muy lejos para ver algunos de sus usos. De hecho, no tienes que ir a ningún lado. El cuerpo humano emite constantemente calor a su entorno y la comunidad humana está estrechamente relacionada con la razón por la que este calor se desprende. Intentamos controlar esta tasa de transferencia de calor adaptando nuestra ropa a las condiciones ambientales. (Cengel & Afshin J., 2011)

Muchos electrodomésticos comunes están diseñados, total o parcialmente, aplicando los principios de transferencia de calor. Obviamente, las casas energéticamente eficientes están diseñadas para disminuir las pérdidas de calor durante el invierno y de la ganancia de calor en periodos de verano. La transferencia de calor juega un papel importante para el diseño de los sistemas y para muchos otros dispositivos, como por ejemplo los radiadores de los automóviles, los colectores solares y varios componentes que están presentes en las centrales eléctricas. (Cengel & Afshin J., 2011).

1.3.4.1 Modos de transferencia de calor

El calor permite ser transferida de tres modos diferentes; por conducción, por convección y por radiación, estos modos de transferencia de calor requieren un diferencial de temperatura y a su vez ocurren en un medio que presenta la temperatura más alta hacia el que tiene la temperatura más baja.

A continuación, se da una descripción de cada modo. (Cengel & Afshin J., 2011)

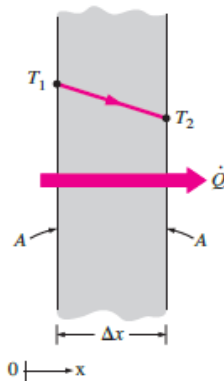
1.3.4.1.1. Conducción

La conducción se produce en materia en los estados de sólido, líquido y gaseoso. Se piensa que la conducción es la transferencia de energía calorífica de las partículas más energéticas de una sustancia a las partículas contiguas menos energéticas a través de interacciones entre las partículas. (MORAN & N. SHAPIRO, 2004)

Consideramos como ejemplo de aplicación sencilla el sistema presentando en la figura N°04, se considera una conducción de estado estacionario de calor a través de una pared plana grande espesor. Se tiene que tener en cuenta que la diferencia de temperatura de uno a otro lado de la pared es: $\Delta T = T_2 - T_1$. (Cengel & Afshin J., 2011)

Figura 4.

Conducción de calor a través de una pared plana de gran espesor



Fuente: (Cengel & Afshin J., 2011)

1.3.4.1.2. Radiación

La radiación es la energía que emite la materia en forma de ondas electromagnéticas o también denominados fotones, como resultado de cambios en la configuración electrónica de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor

radiante no requiere la presencia de un medio intermedio. De hecho, la transferencia de calor radiante es más rápida (a la velocidad de la luz) y no se atenúa en el vacío. Así es como la energía del sol llega a la tierra. (MORAN & N. SHAPIRO, 2004)

Tener en cuenta, que la transferencia de energía por radiación, a diferencia de la convección y la conducción no requiere la presencia de un medio, tal como se aprecia en la figura N°05.

Figura 5.

Calor por radiación, separados por un medio más frío.



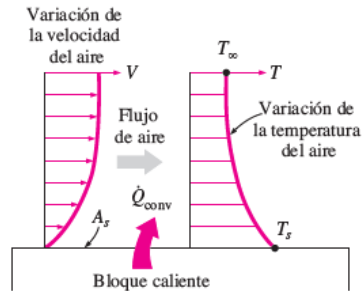
1.3.4.1.3. Convección

La convección es el tipo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento e involucra los efectos combinados de conducción y movimiento de líquidos. Cuanto más rápido se mueve un líquido, mayor es la transferencia de calor por convección. (Cengel & Afshin J., 2011)

En la figura N°06, da muestra de ello al considerar el enfriamiento de un bloque caliente al soplar aire frío sobre su superficie superior. La energía se transfiere primero por conducción a la capa de aire próxima al bloque. A continuación, esta energía se aleja de la superficie por convección; es decir, por los efectos combinados de conducción dentro del aire debido al movimiento aleatorio de las moléculas de aire y el movimiento masivo o macroscópico de ese aire, que elimina el aire caliente cerca de la superficie y lo reemplaza por uno más frío. (Cengel & Afshin J., 2011)

Figura 6.

Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección.



Fuente: (Cengel & Afshin J., 2011)

1.3.5 Descripción de Sistemas Radiantes

Los sistemas de radiación son sistemas de climatización basados principalmente en la transferencia de calor por radiación, de modo que no calientan el aire como los sistemas convencionales, sino que calientan cuerpos, paredes, suelos y otros elementos. También funcionan mínimamente con convección. Aunque este método evita que las masas de aire caliente fluyan hacia arriba, hay que tener en cuenta que la intensidad de la radiación emitida por una superficie es menor cuanto más alejada de ella. (Marín, 2014)

1.3.6 Descripción Del Piso Radiante

1.3.6.1 Piso radiante

Los sistemas de climatización (calefacción y refrigeración) por piso radiante constituyen una tecnología nueva, versátil, mejor rendimiento y cero impactos visuales. Todos estos factores. Hacen que este sistema de climatización por piso radiante contribuya a mejora no solo el ahorro y la eficiencia energética, sino también la calidad de vida de los usuarios. (Alarcia, y otros, 2017).

Tabla 2.

Características del piso radiante.

PISO RADIANTE
CARACTERÍSTICAS

-
- El piso radiante aprovecha toda la superficie disponible para climatizar
 - Es un sistema integrado en los elementos constructivos. Es decir, es invisible.
 - Proporciona un mayor confort que los sistemas de convección al no provocar movimiento de aire.
 - Ahorro y eficiencia energética
 - Minimiza la propagación de polvo y ácaros, favoreciendo las condiciones de salubridad de aire óptimas para las personas.
-

Fuente: elaboración propia a partir del “Manual Técnico De Climatización Radiante”

1.3.6.2 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento climatización (calefacción - refrigeración) por superficies radiantes, consiste en la impulsión de agua a temperatura media (unos 40°C en invierno y 16°C en verano) a través de circuitos de tuberías plásticas compuestas principalmente de polietileno. (Alarcia, y otros, 2017)

Si el sistema está en funcionamiento en modo calefacción, agua circula de tal manera que el calor se transfiere al ambiente a través de la capa de mortero y el pavimento, por radiación, conducción y, en menor medida, convección natural. Por otro lado, al funcionar en modo refrigeración, el exceso de calor contenido en la habitación se absorbe a través del adoquín y la capa de mortero que contiene las tuberías por las que circula el agua fría disipándola hacia el exterior. de la casa. (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.6.3 Sistema De Piso Refrescante

La instalación de piso radiante, además de brindar calefacción. Se puede utilizar para pasar agua fría durante el verano y este modo se utiliza todo el año. Por ello, se presenta algunos conceptos y beneficios claves del enfriamiento por suelo: (SISTEMAS, 2017).

Tabla 3.

Conceptos y beneficios del enfriamiento por suelo.

SISTEMA DE PISO REFRESCANTE CONCEPTOS Y BENEFICIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Refrescar no es climatizar, sino un atemperamiento de la sensación térmica. • Climatizar = refrescar + ventilar (renovación de aire). • Confort saludable, se minimiza el efecto desagradable de la convección forzada. • Aumenta significativamente la eficiencia energética. En modo refrigeración también trabaja con valores de fluido moderados. • Gran compatibilidad con energías renovables, con posibilidad de free – cooling o enfriamiento pasivo.

Fuente: elaboración propia a partir del “Manual Técnico De Climatización Radiante”

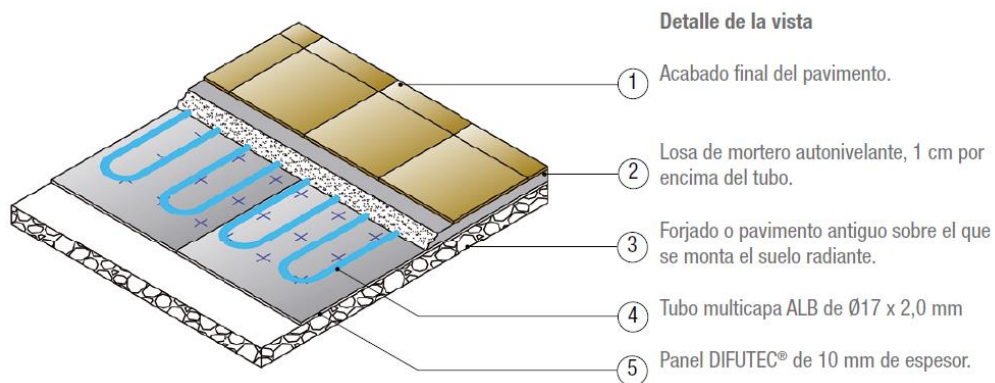
1.3.6.4 Sistemas De Suelo Radiante: Metodología De Diseño Según FEGECA

Un sistema de suelo radiante consiste en la instalación de circuitos de tuberías por los que pasa el agua cuando se calienta a 40 ° C y cuando se enfría a 16 ° C. Dependiendo de la aplicación, los circuitos se diseñan con una separación entre los tubos y se instalan sobre placas aislantes que impiden la transmisión de calor al suelo. (Alarcia, y otros, 2017)

El proceso consiste en que el mortero absorbe el calor que desprenden las tuberías y lo transfiere a la planta superior, y esta energía a su vez es emitida principalmente por radiación y, en pequeña medida, por convección natural en las paredes y techos de los recintos. (Alarcia, y otros, 2017).

Figura 7.

Sección tipo de un suelo radiante.



Fuente: (SISTEMAS, 2017)

La metodología de diseño de un sistema por suelo radiante consta de los siguientes elementos:

1.3.6.4.1. Film anti vapor.

El film es una hoja de PE que actúa como barrera contra la humedad que puede escapar a través de la placa por acción capilar. Se utiliza en plantas bajas o en contacto con el suelo, etc. (Alarcia, y otros, 2017)

Figura 8.

Fotos de Film.



Fuente: (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.6.4.2. La cinta o zócalo perimetral

Este componente absorbe la expansión del mortero y evita la pérdida de calor. Se coloca alrededor del perímetro del área calentada. Se puede grapar o con cinta autoadhesiva. Además, cuenta con una lámina de PE que debe colocarse encima de la placa para evitar posteriormente, durante el vertido del mortero, que se puedan crear puentes térmicos con la losa. (Alarcia, y otros, 2017)

Figura 9.

Cinta o zócalo perimetral.



Fuente: (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.6.4.3. Paneles

Es uno de los elementos básicos del sistema. La correcta selección del producto, así como su correcta ejecución garantizan la eficiencia del sistema de climatización radiante.

El panel radiante cumple dos funciones: por un lado, sirve como elemento de sujeción para el tendido de tuberías y, por otro lado, la más importante sirve como aislamiento térmico de la losa de mortero con el Estructura de construcción. (SISTEMAS, 2017)

Figura 10.

Panel de suelo radiante ALB.



Fuente: (SISTEMAS, 2017)

1.3.6.4.4. Tubería

Las tuberías de suelo radiante son de plástico y suelen caracterizarse por no verse afectadas por los aditivos del hormigón, tienen bajas fuerzas de expansión y fricción, no se ven afectadas por la erosión o corrosión y son muy flexibles a la hora de instalar y diseñar los circuitos. (Alarcia, y otros, 2017)

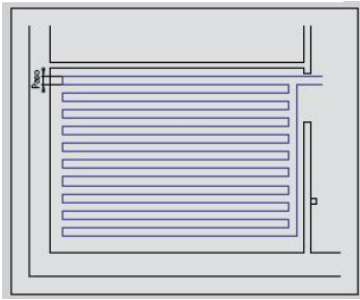
Las tuberías más utilizadas son PEX (polietileno reticulado), multicapa y en menor medida polibutileno, y los diámetros exteriores varían, entre 16 y 20 mm, aunque existen tuberías de menor diámetro para aplicaciones especiales. (Alarcia, y otros, 2017)

Para lograr una distribución uniforme del calor a lo largo de la superficie del local a climatizar, se pueden utilizar varios sistemas de distribución de las tuberías por el suelo:

- **Distribución en Serpentin:** la distribución de las tuberías comienza en un extremo de la habitación y termina en el extremo opuesto, avanzando en líneas paralelas equidistantes entre sí. Esta distribución es una de las más sencillas, pero tiene una desventaja. De hecho, a pesar de la misma cantidad de tubo por medio cuadrado en cualquier punto de la habitación, la distribución del calor no es la misma a medida que el agua se enfría a lo largo del circuito. (Valle & Namoc Díaz)

Figura 11.

Distribución en serpentín.

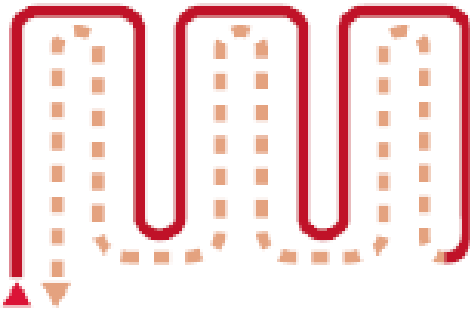


Fuente: (García).

- **Distribución en Doble Serpentin:** Al igual que la distribución en serpentin, va de punta a punta avanzando en líneas paralelas equidistantes entre sí, pero dejando espacios donde se colocan las líneas de retorno hasta que vuelven a llegar al punto de partida. Esta distribución elimina los inconvenientes antes mencionados y se adapta perfectamente a locales irregulares o alargados. (Valle & Namoc Díaz)

Figura 12.

Distribución en doble serpentin.

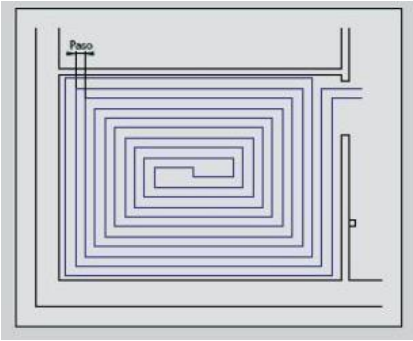


Fuente: (Valle & Namoc Díaz)

- **Distribución en Espiral:** Como su nombre indica, se realiza en forma de espiral cuadrada o rectangular, comenzando por un extremo y avanzando desde el exterior hacia el interior, dejando espacios para volver al punto de partida al llegar al centro del local. Este sistema iguala perfectamente la temperatura del suelo ya que se alterna un tubo de flujo con un tubo de retorno. (Valle & Namoc Díaz)

Figura 13.

Distribución en espiral.



Fuente: (García)

1.3.6.4.5. Colectores

Los colectores pueden ser de latón o de plásticos como poliamida o polisulfona, dependiendo de la aplicación que se pretenda, a saber, solo calefacción y refrigeración. Es común el uso de colectores con detectores y caudalímetros. En cuanto a su sección, el más utilizado es el colector de 1", normalmente limitado a un cierto caudal y cierto número de circuitos, aunque hay 1 1/4" incluso con una sección mayor para aplicaciones industriales. (Alarcia, y otros, 2017)

Figura 14.

Colectores.



Fuente: (SISTEMAS, 2017)

1.3.6.4.6. Armarios

Los armarios que albergan los colectores suelen ser de chapa de acero y vienen con los soportes adecuados para sujetar el colector en su sitio. Lo habitual es montarlos en zonas céntricas de la casa y donde tengan menos impacto visual, aunque estén debidamente pintadas y barnizadas. Suelen medir 40 cm. del piso terminado. (Alarcia, y otros, 2017)

Figura 15.

Armario.



Fuente: (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.6.4.7. Regulación

Otra parte importante del piso radiante es una buena regulación. Es el equipo que controla el funcionamiento del sistema de climatización de piso radiante en función del aporte de calor en todo momento. Su funcionamiento es la clave para conseguir un nivel óptimo de confort y minimizar el consumo energético. (Alarcia, y otros, 2017)

Figura 16.

Regulación.



Fuente: (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.6.4.8. Mortero

El mortero es el último componente emisor del sistema por piso radiante. Antes de la descarga se debe realizar una prueba de presión establecida por UNE EN 1264 para comprobar que no existen fugas antes de conectar los circuitos. (Alarcia, y otros, 2017)

1.3.7 Confort

La mayoría de las veces, las personas realizan sus actividades diarias en el interior de recintos (edificios, escuelas, universidades, etc.), que son por tanto necesarios para dominar las condiciones de confort. Estas condiciones óptimas de confort dentro de un edificio se pueden determinar a partir de tres factores determinantes: confort térmico, confort visual y calidad del aire. (Castilla, y otros, 2010)

1.3.7.1 Confort térmico

Se define como “la condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente térmico”. (Castilla, y otros, 2010)

Las expectativas de comodidad dependen de diversas circunstancias, como, por ejemplo, el lugar dónde se encuentra el ser humano, los motivos de su estancia, la época del año, etc. Sin embargo, según varios estudios, los climas, las condiciones de vida y las culturas difieren ampliamente en todo el mundo, la temperatura que las personas eligen para su comodidad en condiciones similares de ropa, actividad, humedad y velocidad. el aire es muy similar. (Castilla, y otros, 2010)

1.3.7.2 Confort visual

Se expresa a través de niveles óptimos de iluminación, luminancia y color. (Yener, 1999)
Las condiciones de confort visual dentro de un recinto dependen de las propiedades geográficas y atmosféricas de la ubicación de dicho recinto. (Oral, Alpin Koknel , & Nurgun Tamer , 2004)

1.3.7.3 Calidad del aire

La calidad del aire se define en función de las necesidades de los usuarios, que se pueden resumir en la percepción de aire fresco en lugar de aire cargado o viciado y que los riesgos para la salud que pueden surgir al respirar este aire son insignificantes. (Calleja, 1994)

1.3.8 Otros componentes de confort

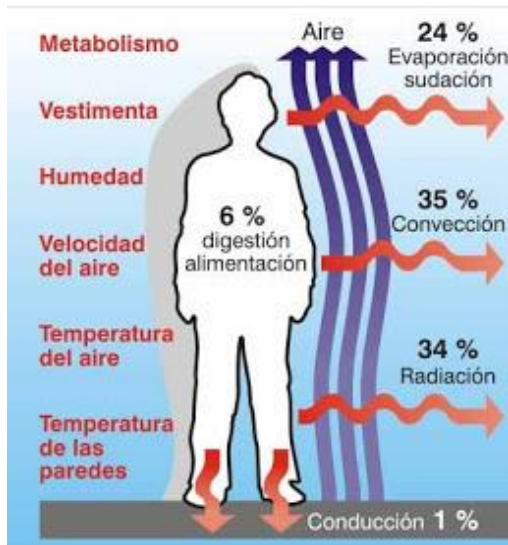
1.3.8.1 Temperatura

El concepto de temperatura ambiente está directamente relacionado con la comodidad de las personas. Para ello también influyen aspectos como la vestimenta, el metabolismo y la actividad que se desarrolla en un determinado entorno, por ejemplo. (SISTEMAS, 2017)

Como se muestra en la imagen 17, nuestro organismo nos permite mantener un equilibrio térmico incluso bajo condiciones térmicas desfavorables.

Figura 17.

Descripción de tipos de temperatura en el ser humano.



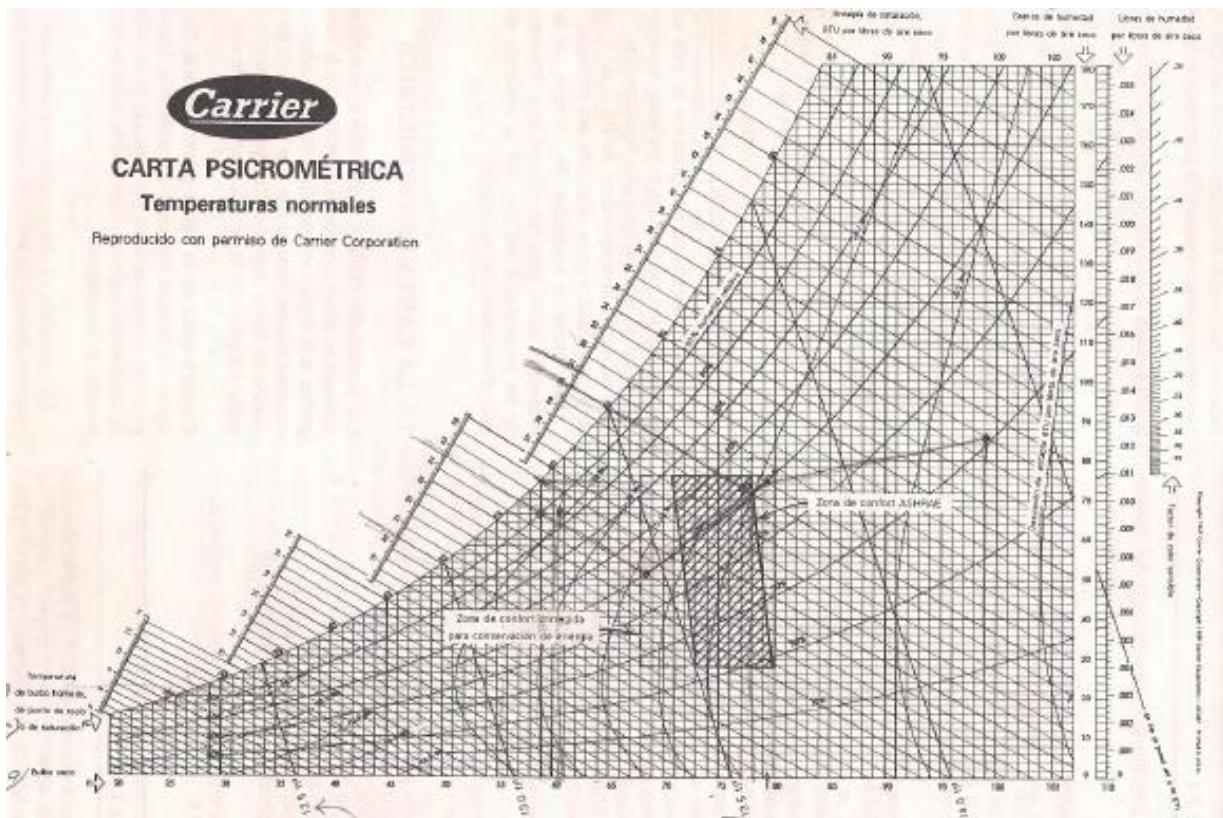
Fuente: (Fuertes, 2016).

1.3.8.2 Humedad

Factor de influencia en el confort en la misma medida que la temperatura. Para determinar el nivel óptimo de un entorno, ambas variables deben moverse en determinadas áreas de trabajo (ya sea natural o mecánicamente forzado). Los diagramas psicométricos sirven como referencia para ello. (SISTEMAS, 2017)

Figura 18.

Carta psicométrica.



Fuente: (Pita)

Estos diagramas son especialmente importantes si desea acondicionar el ambiente, no solo calentarlo. Es decir, es deseable generar frío en verano y calor en invierno. La peculiaridad del enfriamiento es que se debe controlar el nivel de humedad, de lo contrario se puede sobrepasar el punto de rocío y aparecer condensación en las superficies, lo cual es particularmente peligroso si ocurre en el piso. (SISTEMAS, 2017)

1.3.8.3 Velocidad del aire

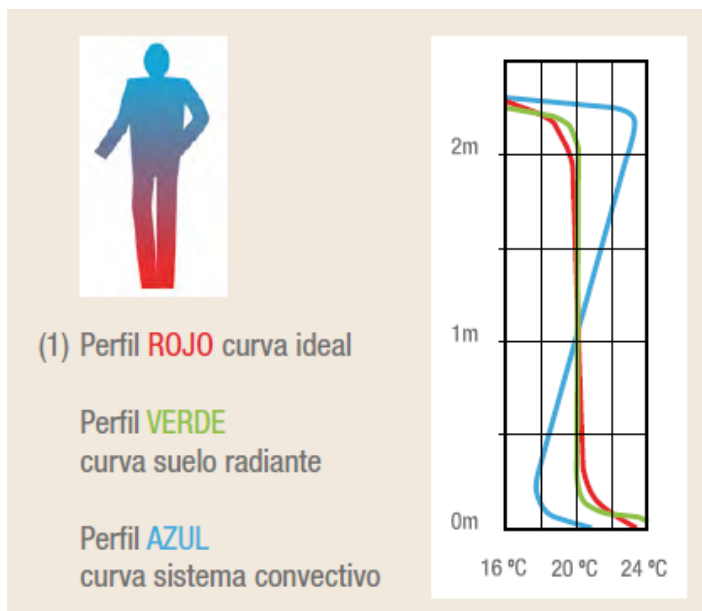
Se crea una capa muy fina de aire en reposo alrededor de la superficie del cuerpo a una temperatura muy cercana a la temperatura de la piel del cuerpo, lo que minimiza el intercambio de calor entre el cuerpo y el medio ambiente. Es por ello que, en épocas de frío, en contacto con el viento, se acentúa la sensación de malestar, ya que esta capa envolvente se desvanece, produciendo una mayor pérdida de calor. Sin embargo, en verano, a la hora de buscar una mayor transferencia de calor al medio, este fenómeno nos ayuda. Por lo tanto, es bueno sentir las corrientes de aire. (SISTEMAS, 2017)

1.3.8.4 Zonas de confort

El perfil de temperatura al que trabaja un suelo radiante lo hace ideal según el R.I.T.E. (Control de sistemas térmicos en edificios). Se trata de la temperatura de funcionamiento, variable que se considera un referente para el confort humano. Esta variable tiene en cuenta con precisión la superficie de las habitaciones climatizadas y su temperatura, y las características de este sistema lo hacen muy adecuado. (SISTEMAS, 2017)

Figura 19.

Diagrama – zonas de confort.



Fuente: (SISTEMAS, 2017)

1.4 Formulación del Problema.

¿Cuáles serán las especificaciones técnicas y configuraciones geométricas de un sistema de climatización de piso radiante para el óptimo confort en la Institución Educativa N° 14616, utilizando el sistema de piso radiante?

1.5 Justificación e importancia de la investigación.

1.5.1 Justificación técnica

La presente investigación es importante ya que permitirá el desarrollo de tecnología para los sistemas de climatización, adaptada a nuestra realidad, respetando la normatividad vigente,

permitiendo mayor eficiencia energética. Además, permitirá la capacitación del personal para la realización de las actividades de mantenimiento.

1.5.2 Justificación social

La presente investigación tiene un impacto social positivo ya que va a permitir que los estudiantes y plano administrativo de la I.E N°14616, tendrán mejores condiciones de confort para recibir sus clases, alcanzando niveles de confort de temperatura óptimo en el interior de los ambientes de dicha institución educativa.

1.5.3 Justificación económica

Se justifica debido a que lograr un nivel de confort térmico con un sistema tradicional conllevaría a altos costos por el consumo de energía, en esta propuesta implementando el sistema por piso radiante permite el mismo grado de confort, esta característica hace al piso radiante idóneo repercutiendo en un ahorro energético hacia una operación y mantenimiento a bajo costo.

1.5.4 Justificación ambiental

El consumo de energía que tendría el sistema tradicional de climatización, genera daños en nuestro medio ambiente, ya que al quemarlos producen gases que generan la contaminación del aire, GEI (gases de efecto invernadero), lluvia ácida, entre otros. Dicho todo esto, es importante facilitar la inclusión en el mercado estos nuevos sistemas a climatizar por piso radiante, que no trabaja a temperaturas tan elevadas como los sistemas clásicos, repercutiendo la reducción de las emisiones de CO₂ para conseguir el mismo nivel de confort. Esta característica hace del piso radiante un sistema óptimo a trabajar de forma conjunta con instalaciones térmicas que aprovechan energías renovables.

1.6 Hipótesis.

Si es factible calcular las especificaciones técnicas y configuraciones geométricas de un sistema de climatización por piso radiante para el óptimo confort de la Institución Educativa N° 14616.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema de Climatización para la Institución Educativa N° 14616, a través de la energía térmica por Piso Radiante.

1.7.2 Objetivos específicos

- Diagnóstico de la situación de la institución educativa “Sabina Cueva Castillo -14616”.
- Calcular las cargas térmicas de la I.E “sabina cueva castillo - 14616”.
- Calcular los elementos que conforman el sistema de climatización por suelo radiante.
- Realizar el presupuesto de la implementación del piso radiante en la Institución Educativa N° 14616.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación.

2.1.1 Tipo

La presente investigación es de tipo descriptiva propositiva.

2.1.2 Diseño.

Presenta un diseño analítico descriptivo, debido al uso de estadísticas, análisis, medición de fenómenos y recolección de información. Además, que analiza la realidad de forma objetiva, en relación a procesos secuenciales y deductivos, con el fin de obtener resultados, con la predicción y precisión de los datos. (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

2.2 Población, Muestra y Muestreo.

2.2.1 Población

Constituido por toda la parte de diseño arquitectónico (análisis estructural de recintos) de la Institución Educativa: “14616”

2.2.2 Muestra

Constituido por toda la parte de diseño arquitectónico (análisis estructural de recintos) de la Institución Educativa: “14616”.

2.3 Variables, Operacionalización.

2.3.1 Variables

Variable independiente

- Diseño de un sistema de climatización

Variable dependiente

- Confort térmico

2.3.2 Operacionalización de variables

Tipos de variables	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos
Variable Independiente	Diseño de un sistema de climatización	Condiciones de trabajo.	Temperatura.	1	Observación in situ	Ficha de registro de climatológico.
			Humedad	2	Observación in situ	
			Radiación solar	3	Observación in situ	
			Sensación térmica	4	Observación in situ	
		Dimensionamiento	Cargas térmicas.		Uso de software	Software CHVAC
			Selección de componentes		Análisis documentario	Fichas técnicas
Variable Dependiente	Confort Térmico	Nivel de confort térmico	Temperatura		Análisis	Ficha de evaluación.
			Sensación térmica		Análisis	

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

En este proyecto de investigación se utilizarán técnicas de recolección de datos para describirlos y conocer el estado de su uso y limitaciones, identificar los aspectos éticos involucrados en la investigación y la forma de asegurar que la información contribuya al diseño de un sistema de climatización por piso radiante para el óptimo confort de la Institución Educativa 14616.

2.4.1.1 Observación

La observación es una técnica que consiste en seleccionar, visualizar y registrar sistemáticamente el comportamiento del ser humano, permitiendo determinar los procesos implementados en su operación, cómo se lleva a cabo, quién lo hace, cuándo se realiza, cuánto demora, dónde se lleva a cabo y por qué se realiza la investigación.

El propósito de visitar la institución educativa es conocer su problemática, tomando en cuenta su modo estructural y las condiciones de confort en las que se encuentra actualmente. Asimismo, durante la visita se realizará una observación continua de cada aula, para determinar las necesidades existentes en dicha institución.

2.4.1.2 Análisis documental

Esta técnica consiste en analizar los datos existentes en forma de bases de datos para su posterior identificación y recuperación (informes, hojas de horas, registros financieros, boletines, etc.). Recopilar información para el diseño de un sistema de climatización por suelo radiante que optimice el confort del establecimiento educativo N ° 14616.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se utiliza la observación elaborando una ficha climatológica, en la cual obtendremos los datos de temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y sensación térmica durante el año 2020.

2.4.3 Confiabilidad de los instrumentos

El análisis térmico se realizó siguiendo pautas de normativa internacional y nacional vigente y de la recopilación de data válida.

2.4.4 Validación de los instrumentos

Validación de expertos. La ficha de análisis de documentos fue sometido a la valoración de 3 jueces expertos en el tema, especialistas que se destacan por sus publicaciones científicas y el desempeño laboral en las áreas de metodología, sistemas de refrigeración y mantenimiento.

El juicio de expertos se encuentra en el anexo 7.20 con las firmas respectivas de los expertos.

2.5 Procedimiento de análisis de datos.

Para la observación de los datos del proyecto como primer paso, se desarrolla un cálculo analítico para poder calcular las cargas térmicas de cada aula del establecimiento, con el fin de desarrollar el diseño. En segundo lugar, para diseñar los componentes del sistema de climatización por piso radiante, para la comodidad óptima de la institución educativa 14616, en tercer lugar, se seleccionarán algunos componentes en función de las variables de solución obtenidas.

2.6 Criterios éticos.

En este proyecto de investigación los principios que tendremos presente serán la base para nuestros valores como la dedicación, responsabilidad, honestidad. Estará basado por dos documentos fundamentales: Código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999) y el código de ética de investigación de la universidad señor de Sipán (USS, 2017).

2.6.1 Código De Ética Del Colegio De Ingeniero Del Perú (CIP).

Aprobado En La III Sección Ordinaria Del Congreso Nacional De Consejos Departamentales Del Periodo 19998 – 1999 En La Ciudad De Tacna 22,23 Y 24 De abril 1999.

Art. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando

ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

2.6.2 Código De Ética De La Universidad Señor Sipán.

Elaborado Por La Dirección De Investigación, Revisado Por El Área De Planificación y desarrollo Institucional – Asesoría Legal. Ratificado Por El Acuerdo De Consejo Universitario Con Resolución Rectoral N° 0851 – 2017 / USS.

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

- a) Autonomía.
- b) Responsabilidad.
- c) Profesionalismo.
- d) Compromiso con la sociedad.
- e) Supervisión.

Art. 14°: Respeto de los investigados y de lo investigado:

- a) Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- b) Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- c) Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- d) Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- e) Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- f) Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- g) Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

2.7 Criterios de rigor científico.

En esta investigación se tuvieron criterios de fiabilidad, generalización, replicabilidad y validez.

Fiabilidad: Durante el desarrollo de la investigación se tendrá en cuenta que el proceso pertenezca a una metodología científica y minuciosa.

Generalización: Se realizó y se planificó de forma correcta la selección de la información extraída en la ficha de observación.

Replicabilidad: Los protocolos que se realizaron están dirigidos a reducir la réplica experimental con el objetivo lograr comparar los resultados con posteriores trabajos de investigación.

Validez: Durante el estudio correspondiente se escogieron las variables relativas y relacionadas a la problemática de la investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Presentación de resultados.

3.1.1. Diagnóstico de la situación actual de la institución educativa “Sabina Cueva Castillo -14616”.

La institución educativa “SABINA CUEVA CASTILLO - 14616”, se ubica geográficamente en Chulucana-distrito dentro de la provincia de Morropón, esta institución pertenece a la UGEL CHULUCANAS siendo supervisada constantemente, y a su vez le compete a la Gerencia regional de educación DRE PIURA.

La Institución Educativa “SABINA CUEVA CASTILLO - 14616”, brinda el servicio educativo en los niveles de instrucción de inicial y primaria. En el nivel primario viene laborando en los turnos de mañana y en la tarde. Su modalidad de enseñanza es en su totalidad escolarizada, de ambos géneros y polidocente completo.

La cantidad de alumnos matriculados en el año 2021 son de 652 alumnos, de los cuales 107 niños van al nivel inicial y 545 niños van al nivel primario. El servicio brindado en la I.E. N° 14616 no cumple con los estándares sectoriales, no cuenta con los ambientes indispensables que señala la norma técnica de diseño de locales de educación básica regular para nivel inicial.

Ubicación Georreferenciada

- Latitud: 5° 05´47.7” S
- Longitud: 80° 09´ 36.4” W
- Altitud sobre el nivel del mar: 92 msnm

Capacidad de alumnado

- Nivel inicial: 107 niños
- Nivel primario: 545 niños
- Total, de alumnos: 652

Área por aula

- Área total: 51.64 m²

Figura 20.

Ubicación del centro educativo "Sabina Cueva Castillo – 14616.

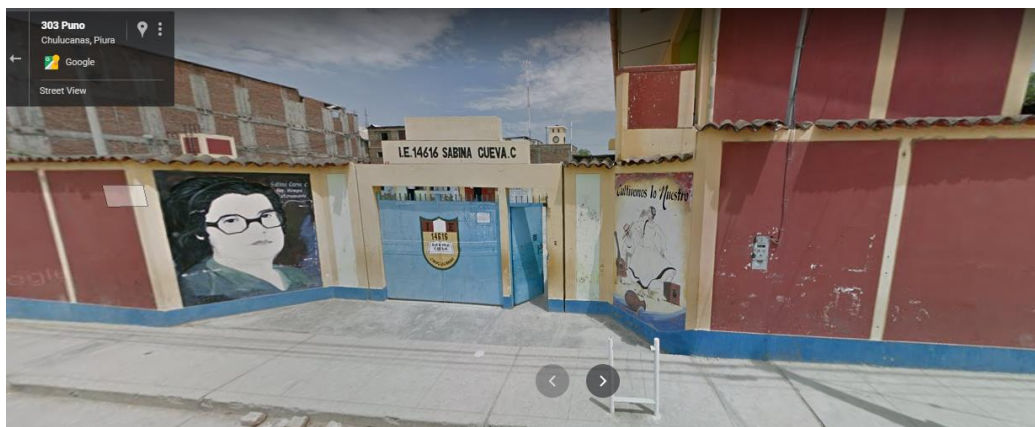


Fuente. Google Maps.

<https://www.google.com.pe/maps/@-5.0966664,-80.1598571,253m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0>

Figura 21.

Frontis del colegio "Sabina Cueva"



Fuente: Google Maps.

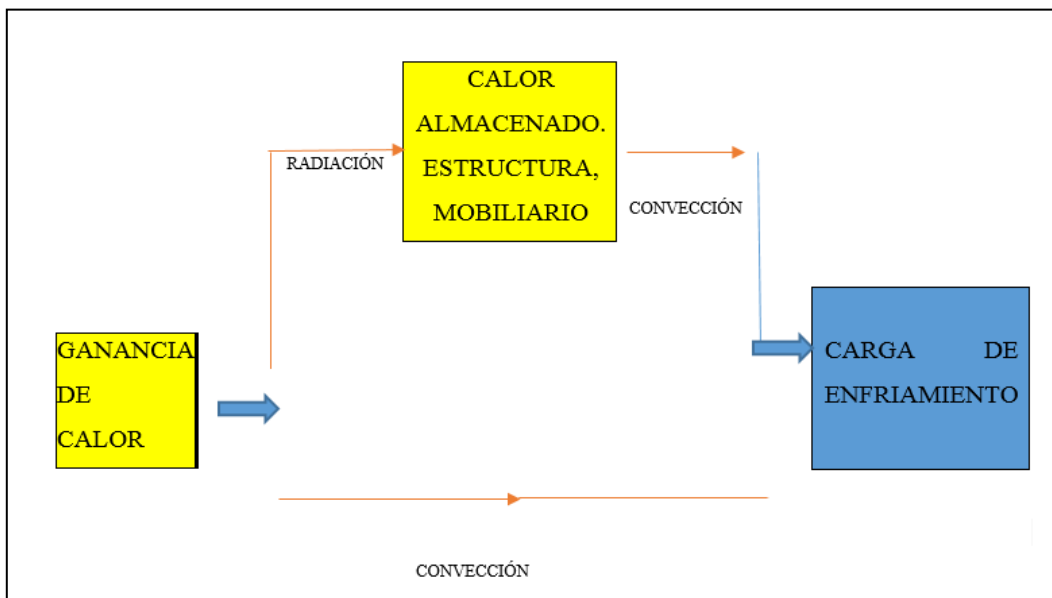
https://www.google.com.pe/maps/@-5.0967818,-80.1600086,3a,75y,349.58h,91.85t/data=!3m1!1e1!3m5!1s8ETOTAQAC77qmr7jmtcsg!2e0!6s%2F%2Fgeo3.ggpht.com%2Fcbk%3Fpanoid%3D8ETOTAQAC77qmr7jmtcsg%26output%3Dthumbnail!26cb_client%3Dsearch.revgeo_and_fetch.gps%26thumb%3D2%26w%3D96%26h%3D64%26yaw%3D346.593%26pitch%3D0%26thumbfov%3D100!7i13312!8i6656?hl=es-419&authuser=0

3.1.2. Calcular las cargas térmicas de la I.E “sabina cueva castillo - 14616”

El interior de la I.E “SABINA CUEVA CASTILLO – 14616” gana calor debido a varias fuentes. Por lo que la temperatura y humedad del aire se debe mantener a un nivel confortable en el interior de las aulas de dicha institución educativa. Para ello se debe calcular las diversas cargas térmicas, porque es la base para el dimensionamiento del equipo de enfriamiento adecuado, así como las tuberías y los ductos.

Figura 22.

Proceso por radiación y convección.



Fuente: Elaboración propia.

Cargas Térmicas en la I.E “SABINA CUEVA CASTILLO - 14616”.

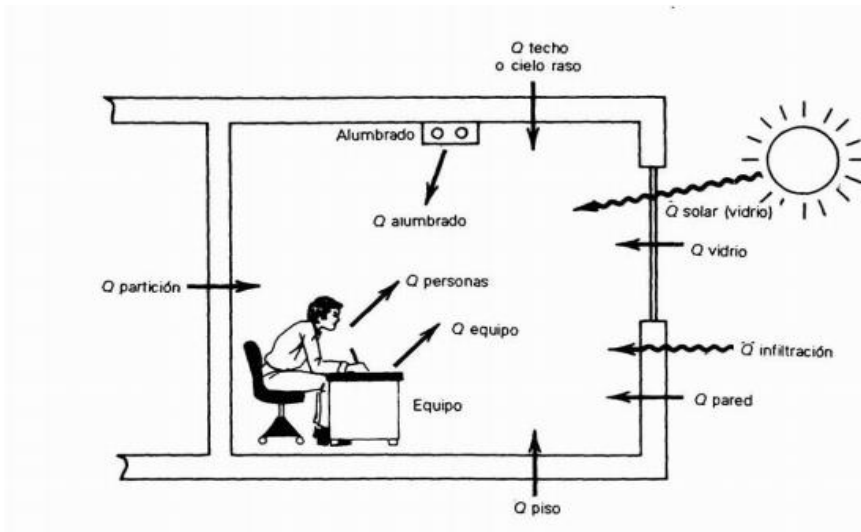
A continuación, se detallan los diversos elementos que contribuyen a la ganancia de calor bruta de la institución educativa:

- Conducción a través de paredes, techos y vidrios al exterior.
- Radiación solar a través de vidrios.
- Alumbrado
- Conducción y convección.
- Personas.
- Equipos.

- Infiltración del aire

Figura 23.

Ganancia de calor en una habitación.



Fuente: (PITA).

Nota: Todos los cálculos de cargas de enfriamiento que se utilizarán aquí son fundamentales y se recomiendan el ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) (fundamentals Handbook 1985)

En el Perú se tiene la normativa vigente de la NTP 281.900-1:2017, cuyo antecedente es la norma EN 14511, la norma EN 15218 y la norma EN148252. Esta NTP especifica los términos y las definiciones para la evaluación y determinación de rendimientos de los acondicionadores de aire, los enfriadores de líquido y las bombas de calor que utilicen tanto, aire, agua o salmuera como medio de transferencia de calor, con compresores accionados eléctricamente.

Adicionalmente la norma NTP 281.903:2017 establece nuevos requisitos para poder determinar y de acuerdo con el procedimiento normalizado del nivel de potencia acústica radiado al aire circundante por aparatos de aire acondicionado. De acuerdo a lo especificado en las normas se basan en lo especificado por ASHRAE.

Cálculo del calor por conducción exterior.

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techos y vidrios que se dan al

exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCE$$

Donde:

- Q = ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio, BTU/h.
- U = coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios, BTU/h-ft²- °F (Tabla 6.1 – ASHRAE – Anexos)
- A = área del techo pared o vidrios, ft².
- DTCE = diferencia de temperatura, carga de enfriamiento °F (TABLA ASHRAE – ANEXO).

La DTCE es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor.

Los anexos 2 y 3, presentan una lista de valores DTCE para algunas formas de construcción de paredes y techo. El anexo 4 describe las construcciones de las paredes que se emplean el anexo 3.

Los valores de DTCE que se muestra en el anexo 2 y 3 se debe corregir como sigue:

$$DTCEe = (DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85) \times f$$

Donde:

- DTCEe: valor corregido de DTCE.
- DTCE: Temperatura (tabla 6.1 y tabla 6.2 – ASHRAE).
- LM: Corrección por latitud y mes (tabla 6.4 – ASHRAE).
- K: corrección debido al color de la superficie.
 - ✓ K: 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales.
 - ✓ K: 0.5 para techos de color, claro en zonas rurales.
- t_R: Temperatura del recinto (°F) (24°C = 75.2 °F)
- t_o: Temperatura exterior promedio (°F) (35°C = 95 °F)
- f: factor de corrección por ventilación del cielo raso (solo para el techo)
 - ✓ f : 0.75 para ventiladores de entrapiso (techo falso) en los demás casos, usar f = 1.0

Así mismo se tiende a recomendar que k = 1.0 en cualquier lugar donde los colores pueden

oscurecerse debido a la contaminación o a otras causas.

Procedimientos de cálculos de cargas de enfriamiento:

Se establece un Diseño de un Sistema de acondicionamiento de aire para verano, para la I.E “Sabina Cueva Castillo” – 14616. La construcción se ubica en el centro poblado de Chulucanas, Piura – Perú. Teniendo en cuenta sus especificaciones técnicas:

Tabla 4.

Especificaciones técnicas de todas las superficies.

Ganancias de calor exterior de todas las superficies	Coefficiente general de transferencia de calor ($\frac{BTU}{h-ft^2-^{\circ}F}$)	Descripción	Dimensiones (ft^2)
Pared	0.302	Ladrillo común de 8” de espesor.	569.94
Techo	0.093	Losa de 8” de concreto liviano.	555.84
Ventana	0.90	De vidrio con marco de madera (80% de vidrio).	95.58
Radiación solar	129	Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio.	55.96
Alumbrado	-	Ocho fluorescentes por cada aula.	-
Personas	350	30 alumnos promedio por aula.	-
EQUIPO	-	Computadora + proyector por aula.	-

Fuente: Elaboración propia.

Las condiciones de diseño interior y exterior son las siguientes:

- Se escoge una condición de interior de diseño de 24°C (75.2 °F) como confortable, y al mismo actuando como conservador de energía. Así mismo también se empleó una condición de diseño exterior hasta 35 °C (95 °F), ya que los ocupantes son de cortos periodos.
- Ganancias de calor externo de todas las superficies, para ello se debe localizar los coeficientes de transferencia de calor U para elemento, en el anexo 8 o 9 (671, 4 o 5–9).

Conducción a través de la estructura exterior en paredes (N – S -E -O)

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

Donde:

- $U = 0.302 \text{ BTU}/(h - ft^2 - ^{\circ}F)$
- $A = 569.94 \text{ ft}^2$
- $DTCE_e = ?$

Primero se tiene que calcular el valor corregido de la diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento.

Para ello se va utilizar la siguiente ecuación:

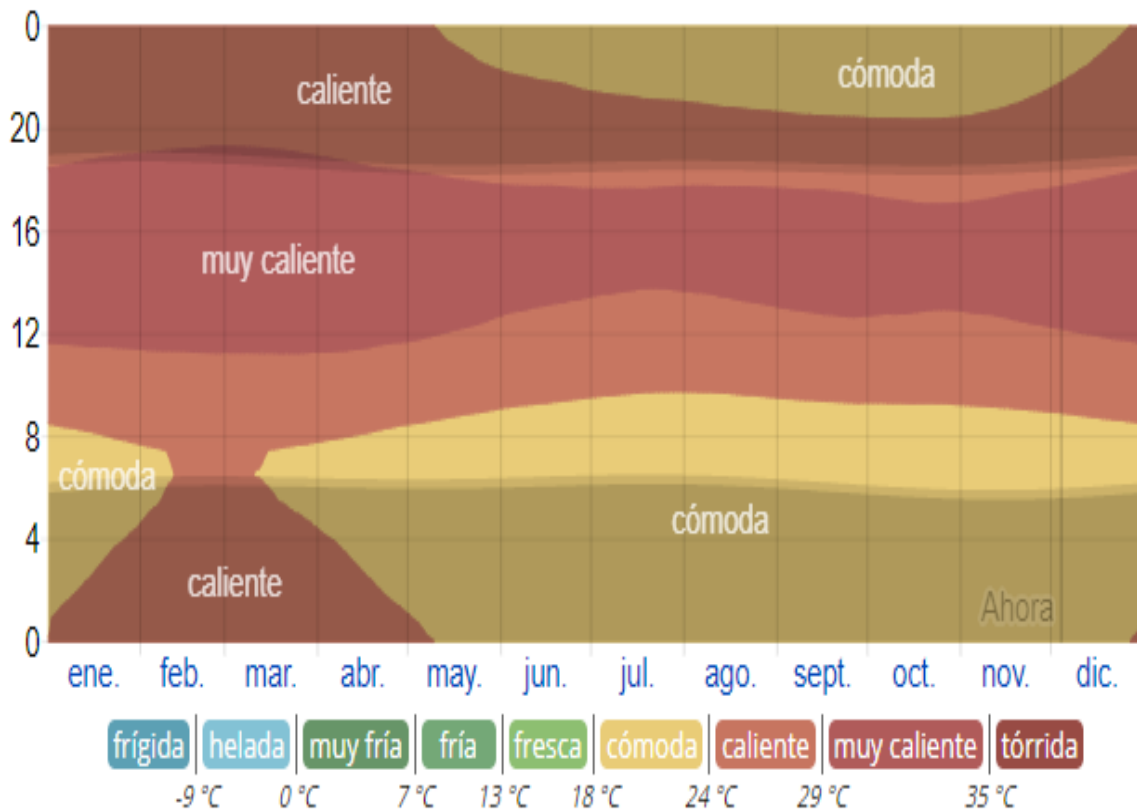
$$DTCEe = (DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85) \times f$$

Sin embargo, se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

- En Chulucanas, los veranos son cortos y muy calientes.
- Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20 °C a 33 °C y rara vez baja menos de 19 °C o sube a más de 35 °C.
- La temperatura calurosa dura 2,8 meses, del 15 de enero al 8 de abril y la temperatura promedio a 33 °C.
- La temperatura fresca dura 1,9 meses, del 27 de septiembre al 23 de noviembre con una temperatura máxima de 31 °C.

Figura 24.

La temperatura promedio por hora.



Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Horario de clase:

- Turno mañana: 7:30 AM – 12:30 PM
- Turno tarde: 2:00 PM – 6:00 PM

Tabla 5.

Inicio de la jornada escolar.

TURNOS	Mar (°C)	Abr (°C)	May (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Agos (°C)	Set (°C)	Oct (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)
Mañana	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Tarde	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Fuente: Elaboración propia.

Aula N° 01:

A) Ganancia de calor a través de paredes (N – E).

Datos:

- $T_R = 24 \text{ °C (75.2 °F)}$
- $T_0 = 35 \text{ °C (95 °F)}$

De anexo 7.2 (Grupo B (NE))

Tabla 6.

Ganancias de calor a través de las paredes (NORTE - ESTE).

Latitud norte, orientación de la pared	Hora solar (h) 7:00 am – 12: 00 pm	$DTCE_{Min}$	$DTCE_{Max}$
Norte, Este (NE)	15 °F	12 °F	21 °F

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la $DTCE_e$ para las horas de 7: 00 am – 12: 00 pm:

$$DTCE_e = (DTCE + LM)xK + (78 - t_R) + (t_o - 85)x f$$

$$DTCE_e = ((15 + 1)x1.0 + (78 - 75.2) + (95 - 85)x1.0$$

$$DTCE_e1 = 28.8 \text{ °F} \quad \dots 1$$

B) Ganancia de calor a través de paredes (S – O)

Datos:

- $T_R = 24 \text{ °C (75.2 °F)}$
- $T_0 = 35 \text{ °C (95 °F)}$

De anexo 7.2 (Grupo B (SO))

Tabla 7.

Ganancias de calor a través de las paredes (SUR – ESTE).

Latitud norte, orientación de la pared	Hora solar (h), 13:00 pm – 18:00 pm	$DTCE_{Min}$	$DTCE_{Max}$
Sur, Oeste (NE)	20 °F	13 °F	28 °F

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la $DTCE_e$ para las horas de 13:00 pm – 18:00 pm:

$$DTCE_e = (DTCE + LM)xK + (78 - t_R) + (t_o - 85)xf$$

$$DTCE_e = ((20 - 3)x1.0 + (78 - 75.2) + (95 - 85)x1.0$$

$$DTCE_e = 29.8 \text{ °F} \dots 2$$

Entonces, la $DTCE_e$ es la suma de la Ecuación 1 y 2:

$$DTCE_{e1y2} = 28.8 + 29.8$$

$$DTCE_e = 58.6 \text{ °F}$$

Una vez calculado la $DTCE_e$, la ganancia de calor a través de las paredes es:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

$$Q = 0.302 \times 569.34 \times 58.6$$

$$Q = 10,075.72 \text{ BTU/h}$$

Conducción a través de la estructura exterior a través del techo:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

Donde:

- $U = 0.093 \text{ BTU/h} - \text{ft}^2 - \text{°F}$
- $A = 555.84 \text{ ft}^2$
- $DTCE_e = 47.8 \text{ °F}$
- $t_o = 95 \text{ °F}$
- $t_R = 75.2 \text{ °F}$

$$DTCE_e = (DTCE + LM)xK + (78 - t_R) + (t_o - 85)xf$$

$$DTCE_e = ((38 - 3)x1.0 + (78 - 75.2) + (95 - 85)x1.0$$

$$DTCE_e = 47.8 \text{ °F}$$

Una vez calculado la $DTCE_e$, la ganancia de calor a través del techo es:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$
$$Q = 0.093 \times 555.84 \times 47.8$$
$$Q = 2,470.93 \text{ BTU/h}$$

Conducción a través de la estructura exterior a través de ventanas de vidrio:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

Donde:

- $U = 0.90 \text{ BTU/h} - \text{ft}^2 - ^\circ\text{F}$
- $A = 95.58 \text{ ft}^2$ (cantidad por las 3 ventanas que existe por cada aula)
- $DTCE_e = 26.8 ^\circ\text{F}$
- $t_0 = 95 ^\circ\text{F}$
- $t_R = 75.2 ^\circ\text{F}$

$$DTCE_e = (DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_0 - 85) \times f$$

$$DTCE_e = 14 + (78 - 75.2) + (95 - 85)$$

$$DTCE_e = 26.8 ^\circ\text{F}$$

Una vez calculado la $DTCE_e$, la ganancia de calor a través de las ventanas de vidrio es:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$
$$Q = 0.90 \times 95.58 \times 26.8$$
$$Q = 2,305.39 \text{ BTU/h}$$

Conducción a través de la radiación solar a través de vidrios:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

Donde:

- Q = ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU/h.
- $FGCS$ = factor de ganancia máxima de calor solar, $\text{BTU/h} - \text{ft}^2$.
- A = área de vidrio, ft^2 .
- CS = coeficiente de sombreado.
- FCE = factor de enfriamiento para el vidrio.

Ante el cálculo del factor de ganancia máxima de calor a través de las ventanas del lado norte del aula N° 1 de la I.E “Sabina Cueva Castillo” – 14616. Se basa en las siguientes condiciones:

1. Según el anexo 11, el $FGCS = 129 \text{ BTU/h} - \text{ft}^2$
2. El valor del CS se debe aplicar a la ganancia de calor solar para un vidrio sencillo de 1/8" sin sombreado interior.
 - Del anexo 12, el valor $CS = 0.90$
3. Su factor de carga de enfriamiento para el vidrio desde las horas, 7: 00 am – 12:00pm.
 - Del anexo 11, el valor $FCE = 0.69$
4. Su área del vidrio es $= 27.98 \text{ ft}^2$

Entonces, la ganancia de calor a través de las ventanas de vidrio del lado norte es:

$$Q_1 = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

$$Q_1 = 129 \times 27.98 \times 0.90 \times 0.69$$

$$Q_1 = 2,241.45 \text{ BTU/h}$$

Ahora se elabora el mismo procedimiento para el cálculo del factor de ganancia máxima de calor a través de las ventanas en el lado Sur del aula N° 1 de la I.E “Sabina Cueva Castillo” – 14616. basándose en las siguientes condiciones:

1. Según el anexo 11, el $FGCS = 129 \text{ BTU/h} - \text{ft}^2$
2. El valor del CS se debe aplicar a la ganancia de calor solar para un vidrio sencillo de 1/8" sin sombreado interior.
 - El anexo 12, el valor $CS = 0.90$
3. Su factor de carga de enfriamiento para el vidrio desde las horas, 7: 00 am – 12:00pm.
 - El anexo 11, el valor $FCE = 0.74$
4. Su área del vidrio es $= 27.98 \text{ ft}^2$

Entonces, la ganancia de calor a través de las ventanas de vidrio del lado norte es:

$$Q_2 = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

$$Q_2 = 129 \times 27.98 \times 0.90 \times 0.74$$

$$Q_2 = 2,403.87 \text{ BTU/h}$$

La radiación solar total a través de los vidrios son la suma de $Q_1 + Q_2$:

$$Q_1 + Q_2 = 2,241.45 + 2,403.87$$

$$Q_T = 4,645.32 \text{ BTU/h}$$

CONDICIONES DE DISEÑO:

Conducción a través del alumbrado:

La ecuación para calcular la ganancia del calor debido al alumbrado es:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

Donde:

- Q = ganancia neta de calor debido al alumbrado, $\frac{BTU}{h}$.
- W = capacidad del alumbrado, watts.
- FB = Factor de Balastra.
- FCE = Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

Ante la ganancia máxima de calor del alumbrado. Se tiene que tener en cuenta las siguientes condiciones:

- El valor “3.4” es para convertir watts a BTU/h.
- El factor de Balastra se clasifica según el tipo de instrumento eléctrico que se esté usando. Como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Valor del FB por el tipo de luminaria.

FB	Tipo de Luminaria
1.25	Fluorescente
1.0	Incandescente

Fuente: Elaboración propia.

- El factor de carga de enfriamiento para el alumbrado es $FCE = 1.0$
- El aula N°1 de la I.E “Sabina Cueva Castillo” cuenta con ocho unidades de alumbrado (8 fluorescentes por cada aula) y el sistema de enfriamiento solo trabaja durante las horas de ocupación.

Tabla 9.

Horas de ocupación de luminarias según el turno.

TURNO	Horas de ocupación
Mañana	7:00 am – 12:30 pm
Tarde	-----

Fuente: Elaboración propia.

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

$$Q = 3.4 \times 288 \times 1.25 \times 1.0$$

$$Q = 1,224 \text{ BTU/h}$$

Conducción a través del número de personas dentro del recinto (aula):

Las ganancias de calor debido a las personas se componen en dos partes:

- El calor sensible
- El calor latente (se da por medio de la transpiración)

Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q_s \times n \times FCE$$

$$Q_l = q_l \times n$$

Donde:

- Q_s, Q_l = ganancias de calor sensible y latente.
- q_s, q_l = ganancias de calor sensible y latente por personas.
- n = números de personas.
- FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas.

La velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física. En el anexo 13 da una lista de valores para algunas actividades típicas.

Así mismo se pudo conocer que en los salones de clases hay un promedio de 30 alumnos por cada aula, más el docente.

Entonces, en el anexo 13 tenemos:

- Calor sensible (q_s) = 210 BTU/h
- Calor sensible (q_l) = 140 BTU/h
- n = 31 personas
- Como el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se debe incluir el almacenamiento de calor. Entonces el valor del $FCE = 1.0$

Entonces las ganancias tanto por calor sensible y latente originado en personas son las siguientes:

Calor sensible:

$$Q_s = q_s \times n \times FCE$$

$$Q_s = 210 \times 31 \times 1.0$$

$$Q_s = 6,510 \text{ BTU/h}$$

Calor latente:

$$Q_l = q_l \times n$$

$$Q_l = 140 \times 31$$

$$Q_l = 4,340 \text{ BTU/h}$$

La suma de calores origina la ganancia de calor total originado por personas:

$$Q_T = Q_s + Q_l$$

$$Q_T = 6,510 + 4,340$$

$$\mathbf{Q_T = 10,850 \text{ BTU/h}}$$

Conducción a través del número de equipos:

Las aulas de la I.E “Sabina Cueva Castillo” – 14616, actualmente no cuenta con equipos modernos, que ayudan con un mejor aprendizaje como lo es una computadora equipada y un reflector.

Ahora bien, en este proyecto investigativo se calculará las ganancias de calor por cada equipo y se agregará a la tabla general de calor, este procedimiento nos permitirá tener una visión hacia el futuro, y así tener un cálculo promedio para el acondicionamiento del aula.

Para esta simulación se eligió una computadora + CPU y un Proyector modelo EPSON con las siguientes características:

- *Ganancias de calor por computadora + CPU:*

- Sistema Intel modelo R1208WT26SR para servidor.
- Fuente de alimentación = 750 W.
- Se va dividir el voltaje por la eficacia, encontrada en la especificación técnica del producto (TPS). El servidor muestra un 91% de eficiencia cuando se ejecuta al 100% de carga.

Entonces, la ganancia de calor por computadora es:

$$Q = \frac{750}{0.91} = 824.18 \text{ vatios consumidos.}$$

$$Q = 824.17 \times 3.41$$

$$\mathbf{Q = 2,810.44 \text{ BTU/h}}$$

- *Ganancias de calor por Proyector:*

- Modelo interactivo Brighttlink 685 Wi
- Ganancia de calor por lámpara = 250 W.
- Fuente de alimentación = 685 W.

Entonces, la ganancia de calor por proyector es:

$$Q = \frac{935}{0.91} \times 3.41 = 3,503.68 \text{ BTU/h}$$

Ganancia total de calor por equipo:

$$Q_T = 2,810.44 + 3,503.68$$

$$Q_T = 6,314.12 \text{ BTU/h}$$

Conducción a través de la infiltración:

En este caso la I.E, tiene ventanas modernas, por lo tanto, no tienen pérdidas por infiltración.

En cambio, en sus puertas si se calcula, sus pérdidas por infiltración.

Para ello se tiene que tener las siguientes condiciones:

- Efecto de aire de infiltración sobre perdida de calor latente:

La adición de esta humedad necesita calor: el calor latente de evaporación del agua.

Se da mediante esta ecuación:

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (W'_i - W'_e)$$

Donde:

- Q_L = calor latente necesaria por el aire de infiltración o de ventilación *BTU/h*.
- CFM = velocidad de infiltración.
- $(W'_i - W'_e)$ = relaciones de humedad mayor (interior) y menor (exterior)

Para el cálculo del CFM se ha optado por calcularlo por el método de las fisuras.

- Método de fisuras:

Tabla 10.

Según el método de fisuras – pérdidas por infiltración.

Estructura	Tasa de infiltración (<i>CMF/ft</i>)	Velocidad del viento (MPH)
Puerta	1.0 (<i>CMF/ft</i>) de fisura	25 MPH

Fuente: (PITA)

Entonces las pérdidas de calor por infiltración por puerta son:

1. Se calcula la longitud de fisura (L):

Imagen de la puerta con sus dimensiones.

$$L = 2(9.58) + 2(3.6)$$

$$L = 26.36 \text{ ft}$$

2. La tasa total de infiltración de los extremos es de:

$$CFM = 1.0 \times 26.36$$

$$CFM = 26.36 \text{ (CMF/ft)}$$

3. Se calcula la pérdida de calor por infiltración:

$$Q_s = 1.0 \times CFM \times (W_i' - W_e')$$

$$Q_s = 1.0 \times 26.36 \times (95 - 75.2)$$

$$Q_s = 521.93 \text{ BTU/h}$$

Transferencia de calor a los alrededores:

Las siguientes ecuaciones se emplean para calcular la corrección para la transferencia de calor a los alrededores.

$$F_c = 1 - 0.02 K$$

$$K = (U_w A_w + U_g A_g) / L$$

Donde:

- F_c = factor para corregir cada ganancia de calor sensible de recinto.
- K = conductancia de la unidad de longitud, BTU/h – ft - °F.
- L = longitud de la pared exterior, ft.
- $U_w U_g$ = coeficiente de transferencia de calor, w = pared / g = vidrio, BTU/h.
- $A_w A_g$ = área de la pared o del vidrio, ft²

Primero, se calcula la conductancia de la unidad:

$$K = \left(\frac{U_w A_w + U_g A_g}{L} \right)$$

$$K = \left(\frac{0.302 \times 569.94 + 0.90 \times 95.58}{47.63} \right)$$

$$K = 5.42 \text{ BTU/h – ft - } ^\circ F$$

Calculando la conductancia, se puede hallar el factor de corrección para cada ganancia de calor:

$$F_C = 1 - 0.02 K$$

$$F_C = 1 - 0.02 \quad (5.42)$$

$$F_C = \mathbf{0.89}$$

Nota:

La ganancia de calor sensible es debido a la conducción, a la radiación solar, al alumbrado, a las personas, y a los equipos se deben multiplicar por 0.89 con cada una de las antes mencionadas. Es así que las cargas sufren una reducción del 11 %.

Cargas de Enfriamiento del Recinto:

Corrección de ganancias de Calor Sensible por Recinto:

Tabla 11.

Carga térmica total por aula.

Ganancias de calor ext. Todas las superficies	<i>BTU/h</i>	Factor de Corrección	Ganancias de calor corregidas a una reducción del 11 % <i>(BTU/h)</i>
Paredes	10,075.72	0.89	8,967.39
Techo	2,470.93	0.89	2,199.13
Ventanas	2,305.39	0.89	2,051.79
Radiación solar	4,645.32	0.89	4,134.33
Alumbrado	1,224.00	0.89	1,089.36
Personas	10,850.00	0.89	9,656.50
Equipo	6,314.12	0.89	5,619.57
Total			33,718.07

Fuente: Elaboración propia.

Ganancias de Calor Sensible total en toda la construcción (1er y 2do del nivel primaria, con un total de 8 aulas, 4 por nivel):

Tabla 12.

Cargas térmicas totales en toda la I.E.

Conjuntos de recintos	Recinto	Ganancias de calor corregidas a una reducción del 11 % (BTU/h)	$Q_{N,f refrigeracion}$ (W)
I.E “Sabina Cueva Castillo”	Aula 1	33,718.07	9,917.08
	Aula 2	33,718.07	9,917.08
	Aula 3	33,718.07	9,917.08
	Aula 4	33,718.07	9,917.08
	Aula 5	33,718.07	9,917.08
	Aula 6	33,718.07	9,917.08
	Aula 7	33,718.07	9,917.08
	Aula 8	33,718.07	9,917.08
Total			79,336.64


Fuente: Elaboración propia.

Solo se tomará un aula para realizar la evaluación del costo beneficio para efectos de cálculos entonces la carga térmica a diseñar es de 33,718.07 BTU/h o también de 9,917.08 W.

Para validación de datos calculados se tomó el software CHVAC 8.02 y se realizaron los cálculos y se obtuvo lo siguiente.

Figura 25.

Resultados del software CHAVAC.

Chvac - Full Commercial HVAC Loads Calculation Program					Elite Software Development, Inc.			
Elite Software Development College Station, TX 77845					Diseño-Climatización Por Piso Radiante			Page 5
Zone Detailed Loads (At Zone Peak Times)								
Load Description	Unit Quan	-SC- CFAC	CLTD SHGF	U.Fac -CLF-	Sen. Gain	Lat. Gain	Htg. Mult.	Htg. Loss
Room 1-Aula 1 - Air Handler 1 (Aula 1), Zone 0 peaks (sensible) in April at 5pm.								
Roof-1-4-Susp.C-L	568	0.50	21.2	0.340	4,092		0.000	0
Wall-1-N-C-M	87	0.83	18.8	0.275	452		0.000	0
Gls-N-1-90-Tran	48.0	1.000	9	0.440	243		0.000	0
50%S-1-NS-Solar	48.0	0.400	93	0.430	767			
SGls-N-1-90-Tran	48.0	1.000	9	0.440	243		0.000	0
50%S-1-NS-Solar	48.0	0.400	40	0.790	606			
Gls-N-1-90-Tran	11.8	1.000	9	0.440	59		0.000	0
38%S-1-NS-Solar	11.8	0.400	93	0.430	188			
SGls-N-1-90-Tran	7.2	1.000	9	0.440	36		0.000	0
38%S-1-NS-Solar	7.2	0.400	40	0.790	91			
Lights-Prof=3	36	1.000			123			
Equipment-Prof=2	187	1.000			638	0		
People-Prof=1	5.0	1.000			1,250	1,000		
Cool. Infil.Direct CFM	50				871	2,212		
Heat. Infil.AC/hr	0						0.000	0
Sub-total					9,661	3,212		0
Safety factors:					+2%	+2%		+0%
Total w/ safety factors:					9,855	3,276		0

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la carga térmica del aula seleccionada se obtiene que es de 9.855 kW, el cual a comparación con los resultados obtenidos del cálculo manual que es de 9.92 kW, tan solo siendo la diferencia de 62.08 watts, en lo que se puede demostrar que el cálculo manual se realizó correctamente.

3.1.3. Dimensionar los elementos que conforman el sistema de climatización por suelo radiante.

Selección del tipo de sistema radiante para la institución educativa.

Para la realización del diseño del sistema de climatización para dicha institución educativa se tomó en mención el tipo de sistema de suelo radiante con el que se trabajó, los cuales dichos sistemas se hacen mención el capítulo 1, en el apartado 1.7.9 Tipos de sistemas radiantes; donde se detalla los diferentes tipos existentes de sistemas radiantes como, por ejemplo:

- Suelo radiante.
- Techo radiante.
- Muro radiante.
- Zócalo radiante.

Antes de proceder a dimensionar el diseño de climatización por sistema radiante, se escogió con qué tipo de sistema se trabajaría, para ello se ha realizó una comparación de cada tipo de sistemas radiantes como sus características, ventajas y desventajas, así también su eficiencia en el confort térmico, como también en el parte económico.

Otra característica, que forma parte del dimensionamiento del sistema se tiene que ver justo con el clima del lugar, ya que cuenta con un clima caluroso durante todo el año, según datos meteorológicos es unos de los distritos que soporta las más altas temperaturas durante todo el verano, afectando principalmente a los estudiantes, siendo así que el sistema de climatización se enfoca para el confort del ambiente para los estudiantes de la I.E “Sabina Cueva Castillo - 14616” y así poder obtener una temperatura de diseño comfortable.

Para ello se tomó las temperaturas de diseño del interior y exterior del recinto, así también se ha calculó las cargas de enfriamiento en un salón de prueba.

Teniendo estos alcances se ha selecciona el tipo de sistema radiante por ***Techo Radiante***.

Este sistema por techo radiante, se basa en una serie de tuberías en las que circula el agua y que encuentran posicionadas sobre el falso techo. Este sistema está cubierto en la parte superior por un aislante térmico y por debajo placas de yeso laminado que forman el falso techo.

Así también se presenta una diferencia del porque se escogió el tipo de sistema radiante

Tabla 13.

Techo radiante - suelo radiante.

TECHO RADIANTE CON RESPECTO A SUELO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Presenta mayor conductividad.• Facilidad en instalar y en la reparación de posibles averías.• No es un problema para la elección del pavimento.• No requiere de trabajos de albañilería.• Tiene un mayor rendimiento en la refrigeración.• Facilidad en la instalación y momento.	<ul style="list-style-type: none">• Menor rendimiento en calefacción.• Más alejado de la fuente emisora.• Posible discomfort al calentar desde arriba, sobre la cabeza.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 7. El Techo Radiante tiene como ventaja el mayor rendimiento en refrigeración a diferencia de los otros tipos de Sistemas Radiantes.

El sistema de techo radiante se integra en un sistema de un falso techo que incluye elementos de techo confort panel (con tuberías integras) y elementos de techo ciego (sin tuberías). El nuevo sistema de climatización por techo confort panel es un sistema de calefacción y/o refrigeración eficiente, sin ruido y sin corrientes de aire para diferentes tipos de instalaciones. (AENOR, 2017).

Selección de tubería.

El conducto por donde se distribuye el agua para el sistema de techo radiante requiere de especial atención a sus propiedades, características mecánicas, técnicas y del comportamiento a largo plazo.

Figura 26.

Tubería.



Fuente: Manual y guía de instalación Maxlor.

Tabla 14.

Cuadro comparativo de tuberías.

Tubería Maxlor	Tubería Uponor
<ul style="list-style-type: none">• Presenta soldadura en la parte del aluminio.• Flexibles, se doblan sin uso de herramientas.• Barrera anti difusión de oxígeno al 90%.• Bajo coeficiente de conductividad térmica.• No transmite ruido.	<ul style="list-style-type: none">• Sin soldadura en la capa de aluminio para mayor seguridad.• Mayor flexibilidad, no necesitan uso de herramientas para doblarse.• Barrera anti difusión de oxígeno al 100%.• Alta estabilidad y muy baja expansión térmica.• No transmite ruido.

Fuente: Elaboración propia.

Ante la comparación de dos tipos de tuberías se utiliza en la investigación para los circuitos la Tubería Uponor con barrera anti difusión de oxígeno de $\varnothing 16\text{mm} \times 1,8$ y mediante la realización de estudios y para sistema de refrigeración se considera una separación máxima de 15 cm, implementado con el sistema de techo radiante, la separación recomendada.

Para calcular la longitud de la tubería para el circuito se da mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

Donde:

- A = área a climatizar cubierta por el circuito (m^2).
- E = separación entre tuberías (m).
- I = distancia entre el colector y el área a climatizar (m).

Teniendo como datos, tanto la separación entre tuberías y el área a climatizar, a continuación, se calculará la longitud de la tubería a utilizar en el diseño.

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$
$$L = \frac{51.64}{15} + 2.2$$
$$L = 346.47 \text{ m}$$

Donde se requerida 346.47 metros de longitud de tubería en el aula.

El dimensionamiento de las tuberías se realiza tomando las siguientes:

- Se parte del uso del tipo de tuberías, como para este diseño se va utilizar el tipo de tubería Uponor evalPEX se tendrá lo siguiente:

- *Velocidad máxima = 2,0 m/s*

Entonces a continuación se describe la instalación calculada:

Dado que nuestra instalación solo es parte de un solo sistema que es de refrigerar cada aula de la institución educativa, entonces obteniendo cada dato se muestra lo siguiente:

- *El diseño contara con un caudal de 0.25 l/s con tuberías de $\varnothing 16$*

Selección del aislante térmico (2°3 tipos y sus comparativos).

Este elemento se integra a la edificación al quedar cubierto y se encarga de tener a la tubería, se tienen los siguientes elementos:

Tabla 15.

Cuadro comparativo de tipos de aislante.

Propiedades	Lana de vidrio	Poliéster expandido	Fibra de vidrio
Conductividad térmica.	$0.032 \text{ W/m}^\circ\text{K}$	$0.034 \text{ W/m}^\circ\text{K}$	$0.05 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
Vida útil.	50-60 años.	50 años.	50-100 años.
Densidad.	14 kg/m^3	12 kg/m^3	2.58 kg/m^3
Características del material.	Producto 100% reciclable y que no contamina., a su vez es inerte a la naturaleza y al humano, producto atoxico y no genera perjuicios a la salud, no genera gases tóxicos y resiste altas temperaturas.	El mejor aislante térmico, que es utilizado en constricciones ya que ahorran energía que es utilizada en la climatización en un 40%.	Aislante térmico que debido a la relación del área en relación al peso es bueno, sin embargo, a mayor área lo hace vulnerable a ataques químicos.

Fuente: Elaboración propia.

Se selecciona al poliéster expandido ya que es el material que es higiénico y no constituye alimento para microorganismos, es decir no se pudre, ni se descompone, es ligero, resiste a la humedad y la capacidad de absorber impactos.

Selección del falso techo.

Para realizar el cálculo de la instalación de techo radiante se debe partir de una temperatura mínima de la superficie del techo:

Figura 27.

Falso techo de PLAFORAD GK.



Fuente: Radiant system innovation.

Tabla 16.

Superficie mínima del techo. (AENOR, 2017).

Tipos de recinto	$\theta_{f, \min}$ (°C)	θ_i °C)	q_G (W/m²)
Zona de permanencia	16	24	56

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura media de la superficie del techo para refrigeración se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$q = 7(\theta_{f, \min} - \theta_i) \text{ W/m}^2$$

Donde:

- $\theta_{f, \min}$ = temperatura mínima de la superficie del techo
- θ_i = temperatura del recinto
- q_G = densidad de flujo termino limite

$$q = 7(\theta_{f, \min} - \theta_i) \text{ W/m}^2$$

$$q = 7(16 - 24) \text{ W/m}^2$$

$$q = 56 \text{ W/m}^2$$

Para poder seleccionar el mejor material para el techo falso se propusieron los siguientes tipos:

Tabla 17.*Cuadro comparativo de tipos de falsos techos.*

Propiedades	Concreto armado	Madera	Panel PLAFORAD.
Resistencia térmica.	$0.05 \text{ m}^\circ\text{K}/\text{W}$	$0.15 \text{ m}^\circ\text{K}/\text{W}$	$0.29 \text{ m}^\circ\text{K}/\text{W}$
Rendimiento térmico.	$50 \text{ W}/\text{m}^2$	$35 \text{ W}/\text{m}^2$	$73 \text{ W}/\text{m}^2$
Características.	Constituido con losas de hormigón armado hechas en el sitio de la obra, pudiendo amoldar a las condiciones de construcción.	Material que se utiliza más de forma decorativa, dando calidez y elegancia al lugar.	Material que presenta alta calidad y es simple y practica aplicando transmisión térmica de techos de cartón y yeso, los cuales poseen una alta conductividad térmica y de tipo fono absorbente.
Vida útil.	25 años.	50 años.	50 años.

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, se seleccionó el techo de panel PLAFORAD, el cual tiene un mayor rendimiento térmico y amplia vida útil, es fácil de instalar y no presenta dificultades.

Selección del colector.

El diseño presenta una instalación de tipos de colectores que se va utilizar como impulsión y de retorno del fluido, que comunica el equipo productor con los circuitos del techo radiante.

Así mismo se entiendo que los colectores deben disponerse en un lugar centrado, en este caso se proceder a diseñar y ubicar el colector que será dada en la parte superior del centro de cada aula.

La temperatura de impulsión del agua es un factor fundamental a la hora de realizar el diseño de los sistemas de climatización invisible, debido a que se determinará el efecto refrigerante y calorífico total del sistema. También es importante mantenerla dentro de límites determinados para que el sistema logre proporcionar el confort necesario de forma segura, en especial en lo que se refiere al punto de rocío en el modo de refrigeración.

Para calcular la temperatura mínima de impulsión de agua en modo de refrigeración hay que tener en cuenta la temperatura mínima del techo y el punto de rocío.

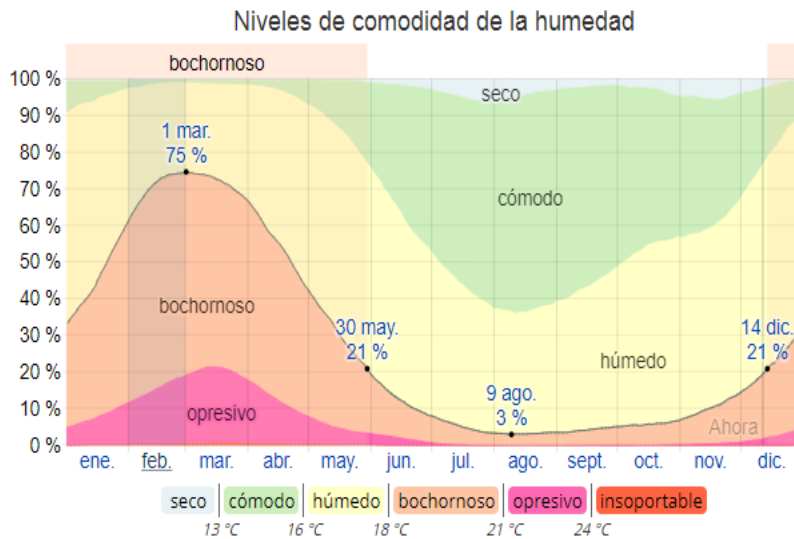
El punto de condensación se calcula con un diagrama psicrométrico, para lo cual se necesita determinar las temperaturas internas (T °C) y la humedad relativa presente (HR %).

Para ello, primero se tiene que tener en cuenta la humedad relativa en el punto de rocío, que este determina si el sudor se evaporara de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo.

En Chulucanas la humedad percibida varía extremadamente. Y teniendo en cuenta que el día más húmedo del año es el 1 de marzo, con humedad hasta el 60 % del tiempo. (véase en la siguiente figura N°27).

Figura 28.

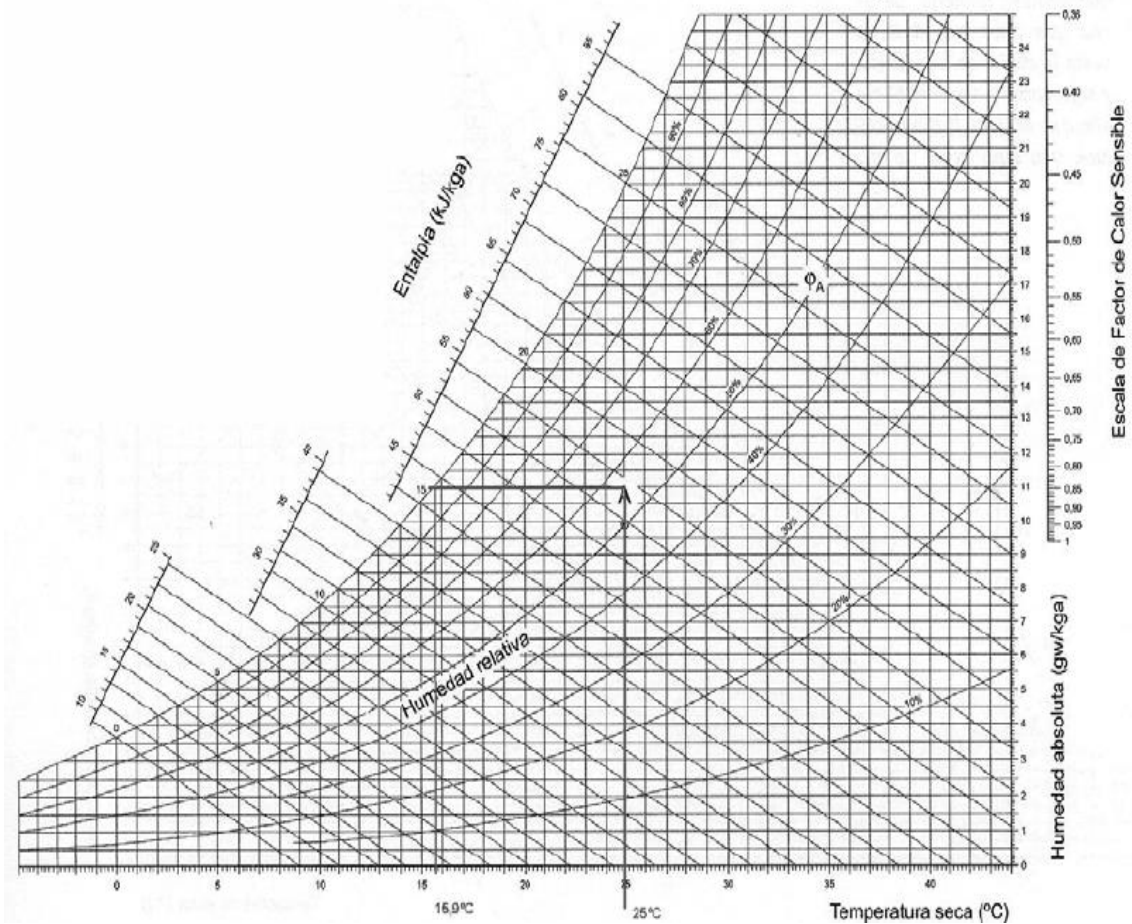
Niveles de comodidad de la humedad.



Fuente: Ficha climatológica de Chulucanas.

Figura 29.

Diagrama psicométrico de la humedad relativa.



Fuente: (Pita).

Ahora bien, teniendo una HR = 60 % y a una $T_R = 24\text{ °C} \cong 75.2\text{ °F}$, y si nos damos cuenta que en el diagrama psicométrico, a través de la humedad, el punto de rocío es de 16°C. Entonces se puede decir que la temperatura de impulsión del sistema será de 16 °C. Sin embargo, si se selección como salto térmico del sistema de 2 °C, la temperatura de impulsión del sistema de 16 °C y de temperatura de retorno de 18 °C producirán una temperatura media de superficie de aproximadamente:

$$T_{med} = \frac{16 + 18}{2}$$

$$T_{med} = 17\text{ °C}$$

Se tiene dos tipos de colectores y son:

Tabla 18.

Cuadro comparativo de colectores.

Propiedades	Colector de acero inoxidable	Colector de poliamida
Cantidad de circuitos.	3–13 circuitos.	2–12 circuitos.
Funcionamiento.	Presenta ajuste automático de caudales.	Regulación manual y también el corte.
Presión de trabajo.	6 bar y 10bar en puesta en marcha.	6 bar y 8bar en puesta en marcha.
Temperatura de trabajo.	70 °C.	60 °C.

Fuente: Elaboración propia.

Selección de la bomba de recirculación.

Para calcular el caudal de agua de los circuitos de circulación, se tiene presente el salto térmico de agua de funcionamiento en los circuitos con las siguientes condiciones:

- En refrigeración el funcionamiento del sistema trabaja con saltos de 5°C, de forma que los caudales resulten con similitud en ambos modos. Los saltos orientativos dependerán de la producción y de las potencias a vencer por el sistema. Se trabajar con otros saltos siempre y cuando estén por encima de los saltos mínimos mencionados con anterioridad.

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_W} \left(1 + \frac{R_0}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

Donde:

- A_F = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante
- q = Densidad de flujo térmico
- σ = Salto de temperatura
- c_W = Calor específico del agua
- R_0 = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

- R_u = Resistencia térmica parcial descendente del suelo
- θ_u = Temperatura del recinto inferior
- θ_i = Temperatura del recinto

Sin embargo, para hallar el valor del caudal del circuito del agua, se tendrá que calcular los valores de la resistencia térmica parcial ascendente y descendente del suelo. Los valores de ambas resistencias térmicas se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{S_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0.093 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_u = R_{\lambda,1} + R_{\lambda,2} + R_{\lambda,3} + R_{\alpha,4}$$

$$R_{\alpha,4} = 0.324 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Donde:

- $R_{\lambda,B}$ = Resistencia térmica del revestimiento del techo.
- S_u = Es el espesor de la capa por encima del tubo.
- λ_u = Es la conductividad de la capa por encima del tubo.
- $R_{\lambda,1}$ = Resistencia térmica del aislante.
- $R_{\lambda,2}$ = Resistencia térmica del forjado.
- $R_{\lambda,3}$ = Resistencia térmica del falso techo.
- $R_{\alpha,4}$ = Resistencia térmica del techo.
- Cálculo de la Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{S_u}{\lambda_u}$$

$$R_o = 0.093 + 0.324 + 0$$

$$R_o = 0.417 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- Cálculo de la Resistencia térmica parcial descendente del suelo

$$R_u = R_{\lambda,1} + R_{\lambda,2} + R_{\lambda,3} + R_{\alpha,4}$$

$$R_u = 0.034 + 0 + 0 + 0.29$$

$$R_u = 0.324 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Entonces, se calculará el caudal del circuito:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_W} \left(1 + \frac{R_0}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$
$$m_H = \frac{56}{2 \times 1} \left(1 + \frac{0.263}{0.324} + \frac{35 - 24}{56 \times 0.324} \right)$$
$$m_H = \frac{56}{2} + \frac{0.263}{0.324} + \frac{11}{18.144}$$
$$m_H = 29.41 \text{ l/h}$$

Se calculó el caudal del sistema de 29.41 l/h.

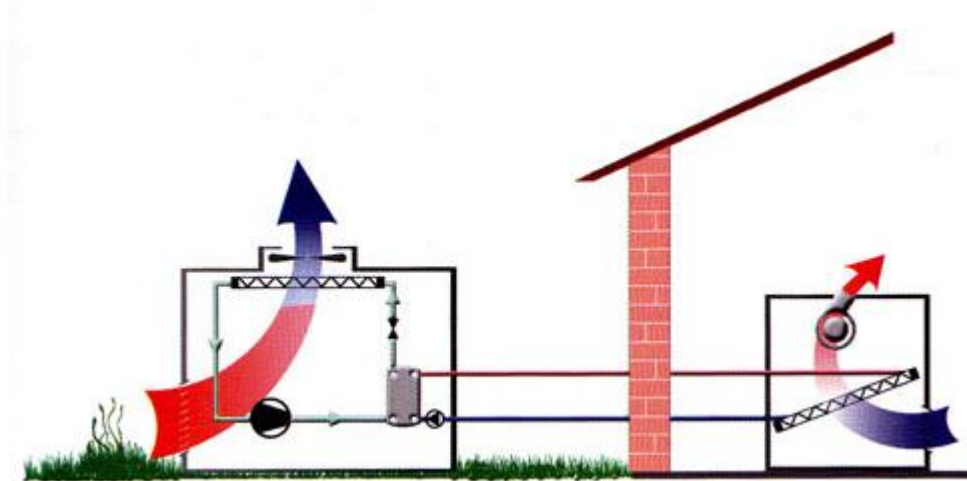
Se seleccionó la bomba WILO STAR RS 25/4 para el sistema.

Selección de la bomba de calor aire – agua:

El sistema de climatización por techo radiante generadores. Lo más habitual es utilizar una bomba de calor o una caldera más una enfriadora.

Figura 30.

Esquema simplificado de una bomba de calor aire – agua.



Fuente: (Arnabat, 2015).

En el suelo radiante se trabaja con temperaturas ideales para el uso de una bomba de calor. Las temperaturas bajas de impulsión de agua en temporada de invierno (entre 35°C y 45°C) y altas temperaturas en tiempos de verano (entre 12°C y 16°C), esto permite el ahorro de energía, así también confieren mayor capacidad a la máquina. De esta forma la instalación que contiene

una bomba de calor permite disponer de temperaturas de confort a menor costo energético, incluyendo los apoyos de los tipos de energía como gas, electricidad, gasóleo, etc. (Arnabat, 2015)

Las Bombas de Calor aire-agua al compararse con diferentes sistemas de bomba de calor, como los sistemas aire-aire, poseen una menor carga de refrigerante y mucho menos posibilidades de fugas. (Arnabat, 2015)

Las bombas de calor de composición aire-agua, requieren de un mínimo mantenimiento para su funcionamiento normal ya que no disponen de quemadores para su trabajo, ni chimeneas, así como de refrigerantes y aceites en toda su instalación. (Arnabat, 2015).

Entonces como fuente de energía para refrigeración hemos elegido una bomba de calor aire-agua función sólo refrigeración. Dado que la potencia requerida para nuestra instalación es de 9.8 kW, se va a seleccionar una bomba de calor por nivel para que así pueda ser más eficiente a la hora refrigerar, es así que se selecciona los equipos con la potencia inmediatamente superior, que es de 12 kW.

Este tipo de equipos tienen un rendimiento energético (EER) superior a los 32°C, con temperaturas exteriores de 35° C.

Se seleccionó la bomba de calor aire – agua, OMNIA H de 12 kW.

Figura 31.

Bomba de calor seleccionada.



Fuente: Manual técnico BTC ERP DATA BOOK OMNIA H.

3.1.3 Realizar el presupuesto de la implementación del piso radiante en la Institución Educativa N° 14616.

Se realizaron los presupuestos en el cual se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 19.

Presupuesto de materiales.

Material	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubería.	400 m	S/. 10.96	S/. 4,384.64
Aislante.	52 m ²	S/ 15.00	S/. 780.00
Falso techo.	52 m ²	S/. 65.00	S/. 3,380.00
Colector.	1 unid	S/. 1,556.51	S/. 1,556.51
Bomba de agua.	1 unid.	S/. 314.75	S/. 314.75
Bomba de calor	1 unid	S/. 6,423.89	S/. 6,423.89
Accesorios.		S/. 2,552.45	S/. 2,552.45
Sub total			S/ 19,392.24

Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto de materiales suman un total de S/ 19,392.24.

Tabla 20.

Presupuesto de instalación.

Material	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubería.	400 m	S/. 15.00	S/. 6,000.00
Aislante.	52 m ²	S/ 25.00	S/. 1,300.00
Falso techo.	52 m ²	S/. 52.50	S/. 2,730.00
Colectores	1 unid	S/. 325.00	S/. 325.00
Sub total			S/. 10,355.00

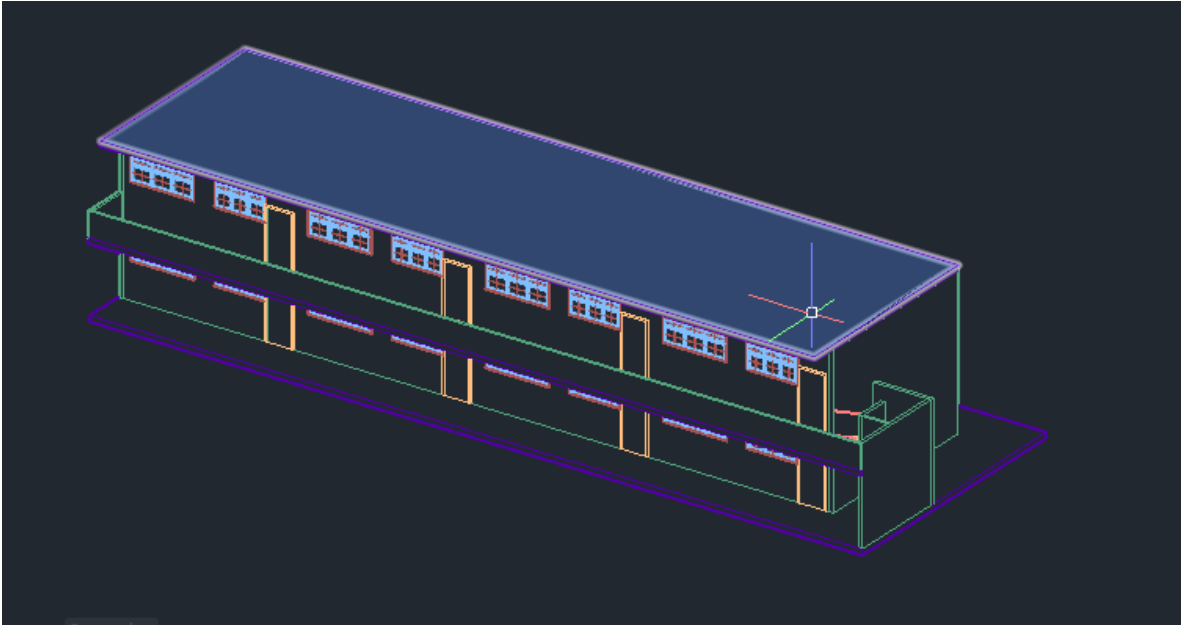
Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto de materiales suman un total de S/ 10,355.00.

El proyecto necesita una inversión de S/. 29,747.24 (Veintinueve mil setecientos cuarenta y siete con 24/100 céntimos), por cada aula del pabellón.

Figura 32.

Pabellón de la escuela donde se seleccionó el aula para el estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Comprobación eficiente del sistema elegido.

Según Andrés (2014), en su investigación indica que para la inversión inicial para un proyecto de suelo radiante es de 7,305.77€ a diferencia que para el sistema de radiadores es de 2,723.4€, pero a diferencia de la inversión inicial en el aspecto de ahorro de combustible, el sistema de suelo radiante ahorra un consumo de $282.85\text{m}^3/\text{año}$, que da lugar a un ahorro de $151.82\text{€}/\text{año}$, siendo un promedio del 20%. Y con respecto a emisiones de gases contaminantes el sistema de suelo radiante deja de emitir 0.608 Tm de dióxido de carbono al año con respecto al sistema de radiadores.

En el informe de AseTUB (2018) indica que los sistemas hidráulicos presentan alternativas a los de solo aire, ya sea para refrigeración como para calefacción, ofreciendo ventajas como en el intercambio de energía sin la necesidad de realizar movimientos de aire y polvo o que generen ruidos. De las cuatro maneras de transmisión de calor se tiene el porcentaje de eficiencia donde por evaporación es del 30 al 35%, por convección es del 15 al 30%, por conducción es del 5% y por radiación es del 40 al 50% de eficacia; en donde por tradición es la transmisión más eficiente, es por ello que los sistemas por radiación son los más eficientes energéticamente y a su vez se tiene tres sistemas por suelo radiante, por techo radiante y por pared o socalo radiante.

Es así que los sistemas mencionados líneas arriba se sabe que se compararan con los valores máximos de temperatura superficial de calefacción y mínimas en refrigeración sin perder el confort térmico. Es por ello que con valores obtenidos del UNE EN 1264 se tiene lo siguiente:

- ✓ Para calefacción en temperaturas máximas superficiales de emisión se tienen que para suelo radiante se tiene a 29°C, en techo radiante es de 32°C y para pared o socalo radiante es de 40°C.
- ✓ Para refrigeración en temperaturas mínimas superficiales de emisión se tienen que para suelo radiante se tiene a 20°C, en techo radiante es de 16°C y para pared o socalo radiante es de 17°C.

- ✓ El coeficiente de transmisión térmica (W/m^2k) se tiene para calefacción en suelo radiante es de $11 W/m^2k$, para techo radiante es de $6 W/m^2k$ y para socalo o pared radiante es de $9 W/m^2k$.
- ✓ El coeficiente de transmisión térmica (W/m^2k) se tiene para refrigeración en suelo radiante es de $7 W/m^2k$, para techo radiante es de $11 W/m^2k$ y para socalo o pared radiante es de $8 W/m^2k$.
- ✓ La potencia especifica (W/m^2) se tiene que para calefacción en sistema de suelo radiante se tiene una potencia especifica de $100 W/m^2$, en techo radiante es de $72 W/m^2$ y en socalo o pared radiante es de $160 W/m^2$.
- ✓ La potencia especifica (W/m^2) se tiene que para refrigeración en sistema de suelo radiante se tiene una potencia especifica de $42 W/m^2$, en techo radiante es de $112 W/m^2$ y en socalo o pared radiante es de $72 W/m^2$.

Con las condiciones antes mencionadas que la pared radiante se comporta de manera excelente tanto para calefacción y en refrigeración, aunque este sistema se utiliza como complemento para sistemas de techo o suelo radiante a causa de la dificultad de disponer superficie para implementar el sistema; a si también se tiene que para sistemas de refrigeración los sistemas de techo radiante ya que sus coeficientes y potencia superan a la sensación de pies fríos de un sistema de suelo radiante.

El autor Delgado (2013) concluye que los sistemas por techo radiante tienen una inversión inicial elevada, la cual en el mejor de los casos son recuperables a partir de 7 u 8 año, pero sus grandes ventajas son que el ahorro de la demanda eléctrica incrementa por encima del 40%, en el ámbito ambiental reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a un 45% con los otros sistemas tradicionales y para finalizar que en relación a la eficiencia de la carga térmica la reduce porcentajes superiores al 55%.

3.2. Discusión de Resultados.

- En el diagnóstico determinamos que la ciudad de Chulucanas presenta altas temperaturas a las cuales sus pobladores se encuentran expuestos, también tener en cuenta que la institución educativa Sabina Cueva se encuentra en la zona central de la ciudad y que las temperaturas internas de las aulas son elevadas, siendo un problema para la población estudiantil. Concordando con el autor Roque Cuba (2018), que la investigación también la realiza para beneficiar a su población que son los niños de un albergue.
- Las cargas térmicas encontrada en tan solo un aula de la I.E Sabina Cueva, son altas y por ello se puede determinar que tanto el trabajo del docente como el trabajo que realiza el estudiante es en un ambiente de discomfort. En relación con los autores Fenga, Schiavonb y Buaman (2016), en donde indican que las cargas térmicas varían tanto en el modo manual, virtual y en la realidad, siendo un posible acercamiento al máximo para poder dimensionar el sistema y poder resolver el problema principal.
- Para lograr dimensionar los elementos, no solo se realizaron por precio y marca sino a la necesidad que se requería, las condiciones de trabajo, las condiciones de vida útil del sistema y factores de cálculo para lograr una correcta selección de los equipos. En relación con los autores Willy Berrio y Fredy Huancco (2017), donde la selección de los componentes fue rigurosa y sobre todo teniendo en cuenta las características y propiedades de los equipos.

3.3. Aporte práctico.

El realizar la investigación podemos aportar que los sistemas de confort térmicos también llamados climatización son muy pocos tomados en cuenta en nuestro país y es por ello que el avance tecnológico de este tipo de sistemas de suelo radiante no se emplea en ninguna edificación gubernamental, siendo este sistema más efectivo y sobre todo no contaminante.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

Se llegó a la conclusión que, en la ciudad de Chulucanas, es una de las más calurosas y que las temperaturas en el año no cambian mucho, y a su vez que en la época de escuela las temperaturas son las más altas del año llegando alcanzar hasta los 35 °C.

Se realizaron los cálculos en dos métodos: uno de manera manual y con la ayuda del software CHVAC8.0i, el cual nos permite determinar las cargas térmicas dentro de un recinto con la descripción de este detalladamente, en los cuales los resultados no existen una gran diferencia ya que en el cálculo manual se obtuvo 9.9 kW de carga térmica en el aula y mediante el software se obtuvo 9.8 kW, con una diferencia de 62 watt de carga térmica.

En la selección y el dimensionamiento de los componentes que contiene el sistema de suelo radiante se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Sistema de techo radiante.
- ✓ Tubería Uponor de 16mm de diámetro.
- ✓ Aislante de poliéster expandido.
- ✓ Panel de falso techo de cartón – yeso.
- ✓ Colector de acero inoxidable en Maxlor.
- ✓ Bomba de recirculación WILO STAR RS 25/4.
- ✓ Bomba de calor de Omnia H de 12 kW.

Siendo los componentes que constituyen al sistema de techo radiante.

Se tiene un presupuesto de S/29,747.24 para la construcción de este sistema por aula, teniendo en cuenta que ay componentes que se puede compartir como el colector puede albergar 13 circuitos, donde por aula solo requieren 3 circuitos, también con las bombas de aire – agua, se seleccionaría una de mayor capacidad para poder albergar más aulas.

RECOMENDACIONES.

La instalación del sistema diseñado se debería implementar cuando realicen remodelaciones en las aulas o utilizar un aula que sea como una prueba piloto.

Se recomienda que con respecto al confort del ambiente se debe realizar un reporte detallado del alumnado presente debido que la sensación térmica influye diferentes características entre los cuales destacan, masa corporal de la persona, color y material de la ropa que utiliza, el comportamiento del alumno; todo ello influye a que la sensación térmica individual del alumnado ya sea mayor o menor, esto conllevaría a obtener una temperatura y sensación térmica de confort para lograr el buen desempeño del estudiante.

El uso constante de esta tecnología ya que ay países como en España que es muy común su utilización de estos sistemas, el cual es más eficiente ya sea para refrigeración y calefacción.

REFERENCIAS

- AENOR. (2017). *SISTEMA DE CLIMATIZACION RADIANTE - MANUAL TECNICO* . ESPAÑA.
- AGENCIA EFE. (8 de ENERO de 2016). Obtenido de <https://www.efe.com/efe/america/cronicas/peru-el-pais-con-mayor-radiacion-solar-del-mundo-alcanza-niveles-historicos/50000490-2806126>
- ALARCIA, J. (2017). GUIA DE SUELO RADIANTE. *FEGECA* , 140.
- Alarcia, J., Castaño, I., Castellà, J., Espiñeira Divison, S., Goiri, G., Hernández, J., & Jiménez, A. (2017). *Guía De Suelo Radiante*. Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A.
- Andrés, C. (2014). *Diseño de calefacción por suelo radiante y ACS* . Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Aparicio Ruiz, P., Onieva, L., Escudero Santana, A., & Muñuzuri, J. (2018). Confort adaptativo aplicado a edificios escolares y aplicabilidad en el sur de España. *revistadyo*, 07.
- Arnabat, I. (26 de agosto de 2015). *caloryfrio.com*. Obtenido de caloryfrio.com: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/bombas-de-calor-reversibles-aire-agua-sistemas-integrales.html>
- AseTUB. (2018). *Climatización por techo radiante: Tipología y ventajas. Caso de práctico*. Madrid: InfoTUB. Obtenido de [file:///C:/Users/PROJECTS%20SERVICES%20S/Downloads/InfoTUB%20N%2018-017%20Techo%20radiante.%20Tipologias%20y%20caso%20pr%C3%A1ctico%20abr'18%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PROJECTS%20SERVICES%20S/Downloads/InfoTUB%20N%2018-017%20Techo%20radiante.%20Tipologias%20y%20caso%20pr%C3%A1ctico%20abr'18%20(1).pdf)
- ATLAS DE ENERGIA SOLAR DEL PERU . (2003). *ATLAS DE ENERGIA SOLAR DEL PERU* , 31.
- BÖHME, A. L., GAMARRA MOLINA, W., CAMPOS CRUZADO, R., QUIJANDRÍA SALMÓN, J., ESLAVA ARNAO, J., & MARCA CHAMOCHUMBI, F. (2003). Atlas de Energia Solar del Perú. *Direccion General de Investigaciones y Asuntos Ambientales*, 31.
- Bravo, R. (03 de junio de 2019). *interempresas.net*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/244159-Sinergias-entre-suelo-radiante-energia-solar-termica-y-bomba-de-calor.html>
- Calleja, A. H. (1994). NTP 343: Nuevo criterios para futuros estándares de ventilación de

- interiores. *MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA*, 8.
- CARMONA, A. (29 de MARZO de 2014). *PREZI*. Obtenido de https://prezi.com/modxmo_5e53a/medios-y-recursos-para-la-investigacion/
- carolnitha* . (22 de agosto de 2013). Obtenido de <http://caritolabb1996.blogspot.com/2013/08/contaminacion-electromagnetica.html>
- Castilla, M., Álvarez, J., Rodríguez, F., Berenguel, M., Guzmán, J., & Pérez, M. (2010). *Técnicas de Control del Confort en Edificios* . *RIAI* , 20.
- Cengel, Y. A., & Afshin J., G. (2011). *Transferencia de Calor y Masa - Fundamentos Y Aplicaciones* . Mc Graw Hill.
- Checya, P. R. (2018). *Evaluación y Simulación de un Piso Radiante en el Albergue del Centro Poblado de Imata* . Arequipa: Universidad Nacional San Agustín.
- Chunga, C. (12 de marzo de 2019). *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/piura/ano-escolar-2019-piura-100-colegios-comenzaron-clases-fallas-estructuras-noticia-615802>
- Cozar, J. M. (2006). *Energía Solar Térmica*. Madrid: IDAE.
- Cózar, J. M. (2006). *Energía Solar Térmica*. Madrid: C/Madera,8.
- COZAR, J. M. (2006). *ENERGIA SOLAR TERMICA* . MADRID : IDAE.
- Delgado, D. (2013). *Evaluación de un sistema de calefacción de una vivienda mediante suelo radiante con bomba de calor*. Gijón: Universidad de Oviedo.
- Diario.Correo*. (25 de febrero de 2018). Obtenido de <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/el-districto-de-chulucanas-registra-la-temperatura-mas-alta-del-pais-804998/>
- Diaz, J. (27 de JULIO de 2017). *EL PAIS* . Obtenido de https://elpais.com/elpais/2017/07/27/ciencia/1501153840_084726.html
- DISEÑO DE UN SUELO RADIANTE PARA UNA SALA DE 12M2 UBICADA A 4000 MSNM EN LANGUI - CUZCO. (MARZO de 2011). *DISEÑO DE UN SUELO RADIANTE PARA UNA SALA DE 12M2 UBICADA A 4000 MSNM EN LANGUI - CUZCO*. LIMA .
- ELENA. (7 de AGOSTO de 2017). *EVOCONFORT*. Obtenido de <https://www.evoconfort.com/aplicaciones-calefaccion-suelo-radiante/>
- ENERGIA SOLAR* . (17 de ABRIL de 2018). Obtenido de *ENERGIA SOLAR* : <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

ENERGIA SOLAR . (17 de ABRIL de 218). Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

ESCAMILLA, M. D. (s.f.). *APLICACION BASICA DE LOS METODOS CIENTIFICOS . SUV*, 22.

FAUSTO POSSO, J. A. (2014). El impacto económico de las energías renovables. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 6.

Fuertes, J. O. (05 de Enero de 2016). *alternativarenovable*. Obtenido de *alternativarenovable*: <http://alternativarenovable.blogspot.com/2016/01/confort-termico.html>

García, J. D. (s.f.). Diseño y Cálculo de las Instalaciones de Calefacción por Suelo Radiante. *Departamento de Construcciones Arquitectónicas* , 48.

Henry Fountain, J. K. (22 de enero de 2018). *nytimes*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/es/2018/01/22/temperaturas-mundo-record-calor/>

<http://caritolabb1996.blogspot.com>. (22 de agosto de 2013). *caritolabb*. Obtenido de <http://caritolabb1996.blogspot.com/2013/08/contaminacion-electromagnetica.html>

IGLESIAS, D. A. (JUNIO de 2016). PROYECTO PARA LA INSTALACION DE UN SUELO RADIANTE Y CAPTADORES SOLARES PARA ACS DE UN PISO. LLEIDA.

IGLESIAS, D. A. (JULIO de 2016). PROYECTO PARA LA INSTALACION DE SUELO RADIANTE Y CAPTADORES SOLARES PARA ACS EN UN PISO. *PROYECTO PARA LA INSTALACION DE SUELO RADIANTE Y CAPTADORES SOLARES PARA ACS EN UN PISO*.

Irapuato, M. (s.f.). *DIARPLO "SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN"*. Obtenido de *DIARPLO "SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN"*: <http://diarplo.com.mx/calefaccion-por-suelo-radiante.html>

JERVIS, T. M. (s.f.). *LIFEDER*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-correlacional/>

JIMENEZ, J. (1 de AGOSTO de 2018). *XATAKA.COM*. Obtenido de <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/enganchados-al-aire-acondicionado-frenando-epidemia-penetrante-desapercibida-mundo-solo-educacion>

LA RADIACION SOLAR . (s.f.). *AEMET*, 13.

Lopez, D. (15 de mayo de 2015). *SCIDEV.NET*. Obtenido de <https://www.scidev.net/america-latina/cambio-climatico/noticias/aire-acondicionado-saturara-el-mundo-en->

desarrollo.html

- MAITA, J. (23 de MARZO de 2016). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JosMaita/enfoque-cuantitativo-59914564>
- MARÍN, M. D. (2014). *Alternativas Energéticas en la Climatización*. Valencia.
- MARIN, M. D. (SEPTIEMBRE de 2014). ALTERNATIVAS ENERGETICAS EN LA CLIMATIZACION. VALENCIA , ESPAÑA.
- Marín, M. D. (2014). *Alternativas Energéticas en la Climatización*. Valencia .
- Mesa, C. D. (2017). FRIO SOLAR: Una apuesta por las energías limpias. . *Universitas Científica*, 06.
- MORAN, M. J., & N. SHAPIRO, H. (2004). *FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA TÉCNICA*. BARCELONA: REVERTÉ, S.A.
- Oral, ´. K., Alpin Koknel , Y., & Nurgun Tamer , B. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions . *ELSEVIER*, 7.
- OSINERGMIN. (s.f.). *OSINERGMIN*. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/introduccion-energias-renovables/que-son-las-energias-renovables>
- PITA, E. (s.f.). *ACONDICIONAMIENTO DE AIRE - PRINCIPIOS Y SISTEMAS* .
- Pita, E. G. (s.f.). *Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas*. CECSA.
- Planas, O. (12 de SEPTIEMBRE de 2019). *ENERGIA SOLAR* . Obtenido de *ENERGIA SOLAR* : <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>
- PROPIA. (s.f.).
- QUESTIONPRO*. (s.f.). Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/disenio-de-investigacion/>
- R. Sportono, N. M. (2008). PRIMEROS RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA OPERACION CONTINUA DE UNA PLANTA PILOTO DE CLIMATIZACION SOLAR . *ASADES*, 7.
- RASERO, C. M. (2011). Energía Solar Fotovoltaica. *ESCUELA DE ORGANIZACION INDUSTRIAL* , 100.
- Sampieri, R. H., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* . Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- SEDIGAS. (2013). *Guía - Aplicaciones Energía Solar Térmica*. Barcelona: SEDIGAS.
- SENAMHI. (2020). BOLETÍN CLIMÁTICO NACIONAL: ENERO 2020. *SENAMHI*, 14.
- SISTEMAS, A. (2017). *Manual Técnico: Sistema de Climatización Radiante*. Tarragona.
- SITES. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/laenergiaenandaluciamarta/7-fuentes-de-energia-fuentes-no-renovables-y-renovables>
- Soluciones de Climatización Invisible. (s.f.). *Uponor*, 33.
- Stérling, J. A. (2015). El Estrés Térmico Laboral: ¿Un nuevo riesgo con incidencia creciente? *Salud Ocupacional*, 06.
- Torres., Y. D., & Monteagudo Yanes, j. (2014). Sistemas de Climatización Solar de Absorción. *BDIGITAL*, 13.
- Valle, R. Q., & Namoc Díaz , M. (s.f.). *Suelo Radiante*. Trujillo: UPAO.
- Yamile Diaz Torres, J. M. (2014). SISTEMAS DE CLIMATIZACION SOLAR DE ABOSORCION . *BDIGITAL* , 13.
- Yener, A. (1999). A method of obtaining visual comfort using fixed shading devices in rooms. *PERGAMON* , 7.

ANEXOS

Anexo 01. Carta de autorización.

AUTORIZACION PARA EL RECOJO DE INFORMACION

Chulucanas 09 de marzo del 2020

Quien suscribe:

Mg. Eliud García Delfín

Director de la I.E "Sabina Cueva Castillo – 14616"

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS - PIURA**

Por el presente, el que suscribe, Mg. Eliud García delfin, Director de la I.E "Sabina Cueva Castillo – 14616", autorizo al alumno Juan Andersson Correa Sánchez, identificado con DNI: 71497581, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA y autor del trabajo de investigación denominado: " **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS – PIURA**", al uso de dicha información que conforma el expediente técnico, así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de " **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS – PIURA**", enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.


UGEL CHULUCANAS
Mg. ELIUD GARCÍA DELFIN
DIRECTOR

Circular official stamp of UGEL Chulucanas. The stamp contains the text: "MEX. EDUC. N° 14616", "DIRECCION", and "CHULUCANAS PIURA".

Anexo 02. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos, 1°F.

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar, h																								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
				Sin cielo raso suspendido																								
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9	
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	
4.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30	
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	
				Con cielo raso suspendido																								
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25	
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32	
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29	
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	28	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37	
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42	
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33	
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32	
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 137.

Anexo 03. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas de paredes al sol, 1°F.

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Paredes grupo A																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6		
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8	
W	27	27	26	26	25	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	16	17	18	19	20	21	21	1	14	21	7	
Paredes grupo B																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12	
Paredes grupo C																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	23	23	22	21	20	20	10	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	25	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	11	12	14	17	20	22	24	25	26	25	24	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	22	22	10	27	17	
Paredes grupo D																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	25	28	33	34	35	35	34	33	32	30	28	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	26	24	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	10	11	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
Paredes grupo E																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	26	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Paredes grupo F																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
Paredes grupo G																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	63	61	52	37	24	17	13	10	8	6	16	0	63	63	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 138.

Anexo 04. Descripción de grupos de construcción de paredes.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 139.

Anexo 05. Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción (parte I).

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
TABLEROS			
Tableros, paneles, contrapisos, recubrimientos			
Productos de tabla de madera			
Tablero de asbesto cemento	120	0.25	--
Tablero de asbesto cemento 0.125 in	120	--	0.03
Tablero de asbesto cemento 0.25 in	120	--	0.06
Tablero de yeso 0.375 in	50	--	0.32
Tablero de yeso 0.5 in	50	--	0.45
Tablero de yeso 0.625 in	50	--	0.56
Triplay	34	1.25	--
Triplay 0.25 in	34	--	0.31
Triplay 0.375 in	34	--	0.47
Triplay 0.5 in	34	--	0.62
Triplay 0.625 in	34	--	0.77
Triplay o tableros de madera 0.75 in	34	--	0.93
Tablero de fibra vegetal			
Recubrimiento, densidad regular 0.5 in	18	--	1.32
Recubrimiento, densidad regular 0.75 in	18	--	2.06
Recubrimiento, densidad intermedia 0.5 in	22	--	1.22
Recubrimiento para clavar 0.5 in	25	--	1.14
Respaldo de tejamanil 0.375 in	18	--	0.94
Respaldo de tejamanil 0.3125 in	18	--	0.78
Tablero antirruído 0.5 in	15	--	1.35
Tableros de cerámica, simples o acústicos			
..... 0.5 in	18	2.50	--
..... 0.75 in	18	--	1.25
Laminados de papel	18	--	1.89
Cartón homogéneo de papel reciclado	30	2.00	--
Tablero Duro			
Densidad media	30	2.00	--
Alta densidad, servicio de temperatura, servicio sobrepuesto	50	1.37	--
Alta densidad, templado normal	63	1.00	--
Alta densidad, templado normal	55	1.22	--
Alta densidad, templado normal	63	1.00	--
Aglomerados			
Baja densidad	37	1.85	--
Densidad media	50	1.06	--
Alta densidad	62.5	0.85	--
Base 0.625 in	40	--	0.82
Contrapiso de madera 0.75 in		--	0.94
MEMBRANAS DE CONSTRUCCIÓN			
Filtro permeable al vapor	--	--	0.06
Sello de vapor, 2 capas de fieltro 15 lb	--	--	0.12
Sello de vapor, membrana plástica	--	--	Negl.
MATERIALES DE TERMINADO DE PISO			
Carpeta y capa fibrosa	--	--	2.06
Carpeta y capa de hule	--	--	1.23
Losetas de corcho 0.125 in	--	--	0.28
Terrazzo	--	--	0.08
Losetas de asfalto, linóleo, vinilo, hule, asbesto vinílico	--	--	0.05
cerámica			
Madera, acabado de madera dura 0.75 in			0.68
MATERIALES AISLANTES			
Colchoneta y tabla			
Fibra mineral, lana de roca, escoria o vidrio			
aprox. 2 a 2.75 in	0.3 - 2.0	--	7
aprox. 3 a 3.5 in	0.3 - 2.0	--	11
aprox. 3.50 a 6.5 in	0.3 - 2.0	--	19
aprox. 6 a 7 in	0.3 - 2.0	--	22
aprox. 8.5 in	0.3 - 2.0	--	30

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 521.

Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción (parte II).

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
Tabla y losas			
Vidrio celular	8.5	2.63	--
Fibra de vidrio aglomerada con sustancias orgánicas	4.9	4.00	--
Hule expandido, rígido	4.5	4.55	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie célula	1.8	4.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel (S.R.S.)	2.2	5.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel	3.5	5.26	--
Poliestireno expandido, perlas moldeadas	1.0	3.57	--
Poliuretano expandido (R-11 exp.)	1.5	6.25	--
(espesores de 1 in. o mayores)	2.5		
Fibra mineral con aglomerado de resina	15	3.45	--
Tablero de fibra mineral, fieltro húmedo			
Aislamiento de núcleo o de techo	16-17	2.94	--
Loseta acústica	19	2.86	--
Loseta acústica	21	2.70	--
Tablero de fibra mineral, moldeado húmedo			
Loseta acústica	23	2.38	--
Tablero de fibra de madera o bagazo			
Loseta acústica 0.5 in	--	--	1.25
Loseta acústica 0.75 in	--	--	1.69
Acabado interior (tablón, loseta)	15	2.86	--
Madera astillada (cementada en losas preformada)	22	1.67	--
RELLENO SUELTO			
Aislamiento celulósico (papel o pulpa de madera sueltos)	2.3 - 3.2	3.13-3.70	--
Aserín o cepilladuras de madera	8.0 - 15.0	2.22	--
Fibra de maderas suaves	2.0 - 3.5	3.33	--
Perlita, expandida	5.0 - 8.0	2.70	--
Fibra mineral (roca, escoria o vidrio)			
aprox. 3.75 a 5 in	0.6 - 2.0		11
aprox. 6.5 a 8.75 in	0.6 - 2.0		19
aprox. 7.5 a 10 in	0.6 - 2.0		22
aprox. 10.25 a 13.75 in	0.6 - 2.0		30
Vermiculita exfoliada	7.0 - 8.2	2.13	--
	4.0 - 6.0	--	
Aislamiento de techo			
Preformado, para uso sobre cubierta			
Se consiguen diferentes aislamientos de techo en diferentes espesores para llegar a los valores R que se mencionan. Consultar con los fabricantes para conocer el espesor real de su material			1.39 a 8.33
MATERIALES DE MAMPOSTERÍA			
Concretos			
Mortero de cemento	116	0.20	--
Concreto con yeso y fibra: 87.5% de yeso y 12.5% de astilla de madera	51	0.60	--
Agregados de peso ligero, incluyendo pizarra expandida, arcilla o pizarra normal; esconas expandidas; cenizas; piedra pómez; vermiculita; también los concretos celulares	120	0.19	--
	100	0.28	--
	80	0.40	--
	60	0.59	--
	40	0.86	--
	30	1.11	--
	20	1.43	--
perlita, expandida	40	1.08	--
	30	1.41	--
	20	2.00	--
De arena y grava o agregado de piedra (secado al horno)	140	0.11	--
De arena y grava o agregado de piedra (no secado)	140	0.08	--
Estuco	116	0.20	--

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 522.

Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción (parte III).

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
UNIDADES DE MAMPOSTERÍA			
Ladrillo común.....	120	0.20	--
Ladrillo de vista.....	130	0.11	--
Loseta cerámica, hueca:			
1 celda de fondo..... 3 in	--	--	0.80
1 celda de fondo..... 4 in	--	--	1.11
2 celdas de fondo..... 6 in	--	--	1.52
2 celdas de fondo..... 8 in	--	--	1.85
2 celdas de fondo..... 10 in	--	--	2.27
3 celdas de fondo..... 12 in	--	--	2.50
Blocks de concreto, tres huecos ovalados:			
Agregado de arena y grava..... 4 in	--	--	0.71
..... 8 in	--	--	1.11
..... 12 in	--	--	1.28
Agregado de cenizas..... 3 in	--	--	0.86
..... 4 in	--	--	1.11
..... 8 in	--	--	1.72
..... 12 in	--	--	1.89
Agregado ligero..... 3 in	--	--	1.27
(pizarra expandida o normal, arcilla o..... 4 in	--	--	1.50
escoria; piedra pómez)..... 8 in	--	--	2.00
..... 12 in	--	--	2.27
Blocks de concreto, núcleo rectangular,			
Agregado de arena y grava.....	--	--	--
2 huecos, 8 in, 36 lb.....	--	--	1.04
El mismo con los huecos rellenos.....	--	--	1.93
Agregado ligero (pizarra expandida, arcilla,			
pizarra normal o cenizas, piedra pómez):			
3 huecos, 6 in 19 lb.....	--	--	1.65
El mismo con huecos rellenos.....	--	--	2.99
2 huecos, 8 in, 24 lb.....	--	--	2.18
El mismo con huecos rellenos.....	--	--	5.03
3 huecos, 12 in, 38 lb.....	--	--	2.48
El mismo con huecos rellenos.....	--	--	5.82
Piedra, caliza o arena.....	--	0.08	--
Loseta de partición con yeso:			
3 x 12 x 30 in, maciza.....	--	--	1.26
3 x 12 x 30 in, 4 células.....	--	--	1.35
4 x 12 x 30 in 3 células.....	--	--	1.67
MATERIALES DE ENYESADO			
Cemento blanco con agregado de arena.....	118	0.20	--
Agregado de arena..... 0.375 in	--	--	0.80
Agregado de arena..... 0.75 in	--	--	0.15
Yeso:			
Agregado ligero..... 0.5 in	45	--	0.32
Agregado ligero..... 0.625 in	45	--	0.39
Agregado ligero sobre listón metálico..... 0.75 in	--	--	0.47
Agregado de perlita.....	45	0.67	--
Agregado de arena.....	105	0.18	--
Agregado de arena..... 0.5 in	105	--	0.09
Agregado de arena..... 0.625 in	105	--	0.11
Agregado de arena sobre listón metálico..... 0.75 in	--	--	0.13
Agregado de vermiculita.....	45	0.59	--
TECHO			
Tejas de asbesto cemento.....	120	--	0.21
Techado de asfalto.....	70	--	0.15
Tejas asfálticas.....	70	--	0.44
Techo armado..... 0.375 in.	70	--	0.33
Pizarra, arcilla..... 0.5 in.	--	--	0.05
Tejas de madera, simples y con acabado de película de plástico.....	--	--	0.94

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 523.

Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción (parte IV).

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
MATERIALES PARA MUROS (sobre superficie plana)			
Tejas			
Asbesto cemento	120	--	0.21
Madera, 16 in, exposición 7.5	--	--	0.87
Madera, doble, 16 in, exposición 12 in	--	--	1.19
Madera con tablero aislante de respaldo, 0.3125 in	--	--	1.40
Laterales			
Asbesto cemento, 0.25 in, a tope	--	--	0.21
Lateral de rollo de asfalto	--	--	0.15
Lateral aislante de asfalto (cama de 0.5 in)	--	--	1.46
Incrustado de madera, 1 x 8 in	--	--	0.79
Madera, al ras, 0.5 x 8 in, a tope	--	--	0.81
Madera, al ras, 0.75 x 10 in, a tope	--	--	1.05
Madera, triplay, 0.375, a tope	--	--	0.59
Madera, laterales de densidad media, 0.4375 in	40	0.67	--
Aluminio o acero sobre recubrimiento			
Respaldo hueco	--	--	0.61
Respaldo de tablero aislante, 0.375 in nominal	--	--	1.82
Respaldo de tablero aislante, 0.375 in nominal	--	--	2.96
respaldo de hoja	--	--	0.10
Vidrio arquitectónico	--	--	--
MADERAS			
Arce, encino y maderas duras similares	45	0.91	--
Abeto, pino y maderas suaves similares	32	1.25	--
Abeto, pino y maderas suaves similares 0.75 in	32	--	0.94
..... 1.5 in	--	--	1.89
..... 2.5 in	--	--	3.12
..... 3.5 in	--	--	4.35

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 524.

Anexo 06. Resistencia térmica de superficies con películas y espacios de aire.

Superficies con películas de aire

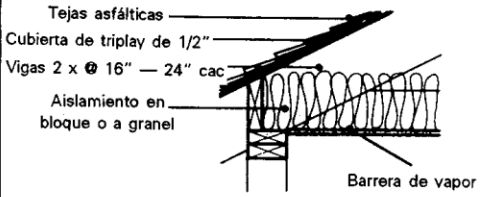
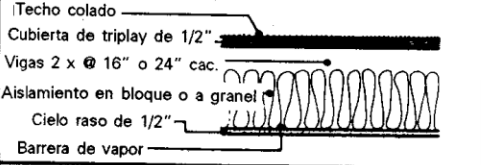
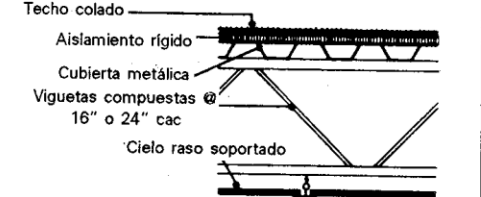
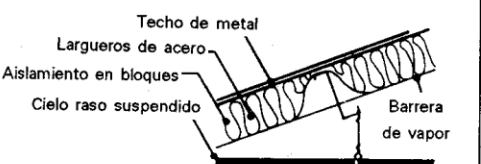
	Dirección del flujo de calor	Valor de R		
AIRE INMOVIL (superficie interiores)	0°			
		Horizontales	Hacia arriba	0.61
		Inclinadas a 45 grados	Hacia arriba	0.62
		Verticales	Horizontal	0.68
		Inclinadas a 45 grados	Hacia abajo	0.76
		Horizontales	Hacia abajo	0.92
AIRE EN MOVIMIENTO (superficie exteriores)				
	Viento de 15 mph (24 km/h)	Cualquiera	0.17	
	Viento de 7.5 mph (12 km/h)	Cualquiera	0.25	

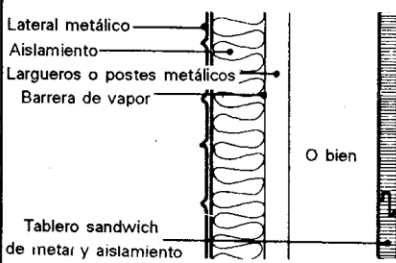
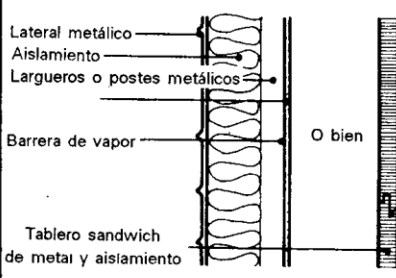
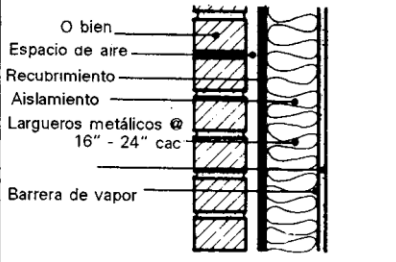
Espacios de aire

Posición del espacio de aire	Dirección del flujo de calor	Espesor del espacio de aire			
		1/2"	3/4"	1 1/2"	3 1/2"
		Valor -R			
Horizontal	Arriba	0.84	0.87	0.89	0.93
Inclinado a 45°	Arriba	0.90	0.94	0.91	0.96
Vertical	Horizontal	0.91	1.01	1.02	1.01
Horizontal	Abajo	0.92	1.02	1.14	1.21
Inclinado a 45°	Abajo	0.92	1.02	1.09	1.05

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 524.

Anexo 07. Secciones transversales de construcciones típicas de techos y paredes (parte I).

SECCIONES	R_i	U_r
 <p>Tejas asfálticas Cubierta de triplay de 1/2" Vigas 2 x @ 16" - 24" cac Aislamiento en bloque o a granel Barrera de vapor</p>	11 19 22 30	0.08 0.05 0.04 0.03
 <p>Techo colado Cubierta de triplay de 1/2" Vigas 2 x @ 16" o 24" cac Aislamiento en bloque o a granel Cielo raso de 1/2" Barrera de vapor</p>	11 19 22 30	0.07 0.05 0.04 0.03
 <p>Techo colado Aislamiento rígido Cubierta metálica Viguetas compuestas @ 16" o 24" cac Cielo raso soportado</p>	Sin cielo raso 5.5 8 11 15 Con cielo raso 5.5 8 11 15	0.14 0.11 0.08 0.06 0.10 0.08 0.06 0.05
 <p>Techo de metal Largueros de acero Aislamiento en bloques Cielo raso suspendido Barrera de vapor</p>	Sin cielo raso 3.5 8 11 19 Con cielo raso 3.5 8 11 19	0.23 0.11 0.08 0.05 0.13 0.08 0.07 0.04

CORTES DE PARED	R_i	U_w
 <p>Lateral metálico Aislamiento Largueros o postes metálicos Barrera de vapor O bien Tablero sandwich de metal y aislamiento</p>	3.5 8 11 19	0.23 0.11 0.08 0.05
 <p>Lateral metálico Aislamiento Largueros o postes metálicos Barrera de vapor O bien Tablero sandwich de metal y aislamiento</p>	3.5 8 11 19	0.17 0.10 0.07 0.05
 <p>O bien Espacio de aire Recubrimiento Aislamiento Largueros metálicos @ 16" - 24" cac Barrera de vapor</p>	8 11 19	0.09 0.07 0.05

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 525.

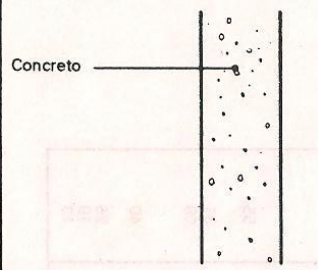
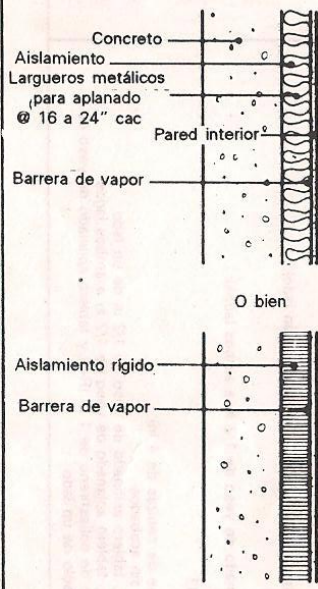
Secciones transversales de construcciones típicas de techos y paredes (parte II).

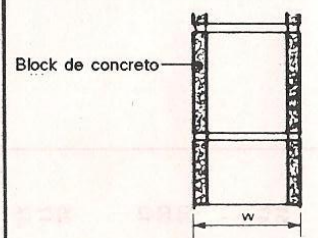
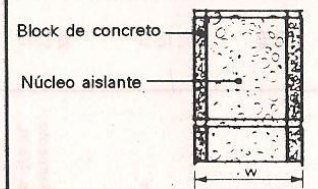
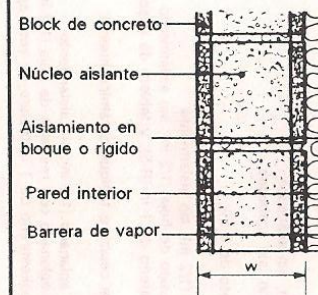
CORTES DE PARED	R_i	U_w
<p>Laterales de madera o metal</p> <p>Recubrimiento</p> <p>Aislamiento</p> <p>Pies de 2 x 4 @ 16" o 24" cac</p> <p>Montante</p> <p>Barrera de vapor</p> <p>O bien</p> <p>Aislamiento rígido</p>	8 11 14	0.09 0.08 0.07
Postes de 2 x 6, misma construcción que la de arriba	8 11 19	0.09 0.07 0.05
<p>Ladrillo de vista</p> <p>Espacio de aire</p> <p>Recubrimiento</p> <p>Aislamiento</p> <p>Pies de 2 x 4 @ 16" o 24" cac</p> <p>Montante</p> <p>Barrera de vapor</p> <p>O bien</p> <p>Aislamiento rígido</p>	8 11 19	0.09 0.07 0.06
Postes de 2 x 6, misma construcción que la de arriba	8 11 19	0.08 0.07 0.05

CORTES DE PARED	DENSIDAD	R_i	U_w
<p>Ladrillo de vista</p> <p>Espacio de aire</p> <p>Block de concreto de 8"</p> <p>Núcleo aislante</p> <p>8"</p>	Block de concreto de 80 #/ft ³	Sin aislamiento Núcleo aislante	0.23 0.12
	Block de concreto de 120 #/ft ³	Sin aislamiento Núcleo aislante	0.27 0.16
<p>Ladrillo de vista</p> <p>Espacio de aire</p> <p>Aislamiento rígido</p> <p>Block de concreto de 8"</p> <p>Núcleo aislante</p> <p>8"</p>	Block de concreto de 80 #/ft ³	Núcleo aislante y R_i	0.09 0.07 0.06 0.05
	Block de concreto de 120 #/ft ³	Núcleo aislante y R_i	0.11 0.09 0.07 0.06
<p>Ladrillo de vista</p> <p>Espacio de aire</p> <p>Block de concreto de 8"</p> <p>Núcleo aislante</p> <p>Aislamiento</p> <p>Montante</p> <p>Barrera de vapor</p> <p>8"</p>	Block de concreto de 80 #/ft ³	Núcleo aislante y R_i	0.08 0.07 0.06
	Block de concreto de 120 #/ft ³	Núcleo aislante y R_i	0.10 0.08 0.07
<p>Aislamiento rígido</p> <p>Barrera de vapor</p>			

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 526.

Secciones transversales de construcciones típicas de techos y paredes (parte III).

CORTES DE PARED	Densidad	Espesor	R_i	U_w
	80 #/ft³	6"	—	0.31
		8"	—	0.25
		12"	—	0.18
	120 #/ft³	6"	—	0.50
		8"	—	0.42
		12"	—	0.32
	80 #/ft³	6"	3.	0.15
			5.5	0.11
			8.	0.09
		8"	3	0.13
			5.5	0.10
			8.	0.08
	120 #/ft³	6"	11.	0.06
			3	0.11
			5.5	0.09
		8"	8.	0.07
			11.	0.06
			3	0.18
12"	5.5	0.13		
	8.	0.10		
	11.	0.07		
8"	3	0.17		
	5.5	0.12		
	8.	0.09		
12"	11.	0.07		
	3.	0.15		
	5.5	0.11		
12"	8.	0.09		
	11.	0.07		
	3.	0.15		

CORTES DE PARED	Densidad	Espesor	R	U_w
	Block de concreto de 80 #/ft³	6"	—	37
		8"	—	34
		12"	—	29
	Block de concreto de 120 #/ft³	6"	—	47
		8"	—	43
		12"	—	38
	Block de concreto de 80 #/ft³	6"	—	18
		8"	—	14
		12"	—	10
	Block de concreto de 120 #/ft³	6"	—	26
		8"	—	22
		12"	—	17
	Block de concreto de 80 #/ft³	6"	3.5	0.11
			5.5	0.09
			8	0.07
		8"	3.5	0.09
			5.5	0.08
			8	0.05
	Block de concreto de 120 #/ft³	6"	3.5	0.07
			5.5	0.06
			8	0.05
		8"	3.5	0.13
			5.5	0.10
			8	0.08
12"	3.5	0.12		
	5.5	0.09		
	8	0.06		

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 527.

Anexo 08. Coeficiente global U de transferencia de calor para componente de edificaciones

(parte I).

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
PAREDES		
Marco con laterales de madera, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.22	.23
Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.09	.09
Aislamiento R-11 (3 a 3 1/2 in)	.07	.07
Marco con ladrillo de 4 in o acabado de piedra, recubrimiento y acabado interior		
Si aislamiento	.24	.24
Aislamiento R-7	.09	.09
Aislamiento R-11	.07	.07
Marco con estuco de 1 in, recubrimiento y acabado interior		
Sin aislamiento	.29	.29
Aislamiento R-7	.10	.10
Aislamiento R-11	.07	.07
Mampostería:		
Block de concreto de 8 in, sin acabados	.49	.51
Block de concreto de 12 in, sin acabados	.45	.47
Mampostería (block de concreto de 8 in):		
Acabados interiores:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.29	.30
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5); y tablero de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (block de 8 in de ceniza o tabique cerámico hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.25	.25
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.17	.17
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in tablero de yeso aplanado de 1/2 in.	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in y bloque de cenizas de 8 in o tabique cerámica de 8 in hueco):		
Acabado interior:		
tablero de pared de yeso aplanado (1/2 in); sin aislamiento	.22	.22
tablero de pared de yeso aplanado con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.15	.16
tablero aislante (R-5) de poliestireno de 1 in, y tablero de yeso aplanado de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (tabique hueco de cerámica de 12 in o bloque de cenizas de 12 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.24	.24
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.16	.17
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5), y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.12	.12
Mampostería (ladrillo de vista de 4 in, ladrillo común de 4 in):		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.28	.28
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in); sin aislamiento	.18	.18
tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in	.13	.13
Mampostería (Concreto de 8 in. o Piedra de 8 in.)		
Acabado interior:		
tablero aplanado de yeso (1/2 in); sin aislamiento	.33	.34
tablero aplanado de yeso con respaldo de hoja (1/2 in) sin aislamiento	.21	.21
tablero aislante de poliestireno de 1 in. (R5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in.	.14	.14
Metal con recubrimiento interior vinílico, R-7 (bloque de fibra de vidrio de 3 in)	.14	.14
PARTICIONES		
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in sólo de un lado):		
Sin aislamiento	.55	.55
Marco (tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados):		
Sin aislamiento	.31	.31
Aislamiento R-11	.08	.08
Mampostería (bloque de cenizas de 4 in):		
Si aislamiento, sin acabados	.40	.40
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in de un lado		
Sin aislamiento, tablero aplanado de yeso de 1/2 in a ambos lados	.26	.26
Tablero aislante de poliestireno de 1 in (R-5) y tablero aplanado de yeso de 1/2 in, ambos sólo de un lado	.19	.19
	.13	.13

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 528.

Coeficiente global U de transferencia de calor para componente de edificaciones (parte II).

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
CIELOS Y PISOS		
Marco (piso de loseta asfáltica, triplay de 5/8 in, contrapiso de madera de 25/32 in, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.23	.23
Flujo de calor hacia abajo	.20	.19
Concreto (piso de loseta asfáltica, cubierta de concreto de 4 in, espacio de aire, cielo raso terminado):		
Flujo de calor hacia arriba	.34	.33
Flujo de calor hacia abajo	.26	.25
TECHO (techo plano, sin cielo raso)		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.64	.86
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.23	.25
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.15	.16
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.40	.48
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.19	.21
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.25	.26
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.10	.11
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.17	.18
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.12
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.09
TECHO Y CIELO RASO (techo plano, cielo raso terminado)		
Cubierta de acero:		
Sin aislamiento	.33	.40
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.12	.13
Cubierta de madera de 1 in:		
Sin aislamiento	.26	.29
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.15	.16
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.11
Cubierta de madera de 2.5 in:		
Sin aislamiento	.18	.20
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.12	.13
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.09	.10
Cubierta de madera de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.10	.10
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.08	.08
Cubierta de concreto ligero de 4 in:		
Sin aislamiento	.14	.15
Cubierta de concreto ligero de 6 in:		
Sin aislamiento	.10	.11
Cubierta de concreto ligero de 8 in:		
Sin aislamiento	.08	.09
Cubierta de concreto normal de 2 in:		
Sin aislamiento	.32	.38
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.17	.19
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 4 in:		
Sin aislamiento	.30	.36
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.18
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12
Cubierta de concreto normal de 6 in:		
Sin aislamiento	.28	.33
Aislamiento de 1 in (R-2.78)	.16	.17
Aislamiento de 2 in (R-5.56)	.11	.12

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 529.

Coefficiente global U de transferencia de calor para componente de edificaciones (parte III).

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.28	.29
	.05	.05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.15	.29
	.04	.05
PISOS		
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso Marco de madera: Sin aislamiento Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.33	.27
	.09	.08
Cubierta de concreto: Sin aislamiento Aislamiento R-7	.59	.43
	.10	.09
PUERTAS		
Madera maciza: de 1 in de espesor de 1 1/2 in de espesor de 2 in de espesor	.61	.64
	.47	.49
	.42	.43
Acero: de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.58	.59
	.46	.47
	.39	.40

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 530.

Anexo 09. Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio.

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior	Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83	0.96
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.65	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2" ^b	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2" ^b	0.59	0.49	0.56
espacio de aire de 1/2" ^c , recubrimiento de baja emisión ^c				espacio de aire de 1/2" ^c , recubrimiento de baja emisión ^c			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	e = 0.20	0.48	0.36	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.46	0.50
Vidrio aislante - triple ^d				Tragaluz ^e			
Espacio de aire de 1/4" ^a	0.39	0.44	0.38	11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2" ^b	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4" ^a	0.50	0.50	0.44	Domos de plástico ^f			
Lámina de plástico sencilla				de pared sencilla	1.15	0.80	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	de pared doble	0.70	0.46	--
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Descripción	Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
unidad aislante - doble				Ventanas Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
espacio de aire de 1/4" ^a	0.55	0.56	--	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
espacio de aire de 1/2" ^b	0.43	0.45	--	Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
Tragaluz ^g				Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 ^g	1.20 ^g
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Marco de madera	1.00	1.10 ^g	--
— con divisor del hueco	0.48	0.46	0.38	Marco de metal			
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41				
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 531.

Anexo 10. Condiciones exteriores de diseño (parte I).

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
ALABAMA							
Birmingham	33	2550	21	94	75	21	77
Montgomery	32	2290	25	95	76	21	79
ALASKA							
Anchorage	61	10860	-18	68	58	15	59
Fairbanks	64	14280	-47	78	60	24	62
ARIZONA							
Phoenix	33	1770	34	107	71	27	75
Tucson	32	1800	32	102	66	26	71
ARKANSAS							
Little Rock	34	3220	20	96	77	22	79
CALIFORNIA							
Los Angeles	34	1350	40	89	70	20	71
Sacramento	38	2420	32	98	70	36	71
San Diego	32	1460	44	80	69	12	70
San Francisco	37	3000	40	71	62	14	62
COLORADO							
Denver	39	6280	1	91	59	28	63
CONNECTICUT							
Hartford	41	6240	7	88	73	22	75
DELAWARE							
Wilmington	39	4930	14	89	74	20	76
D.C.							
Washington	38	4220	17	91	74	18	77
FLORIDA							
Miami	25	210	47	90	77	15	79
Tampa	28	680	40	91	77	17	79
GEORGIA							
Atlanta	33	2960	22	92	74	19	76
Savannah	32	1820	27	93	77	20	79
HAWAII							
Honolulu	21	0	63	86	73	12	75
IDAHO							
Boise	43	5810	10	94	64	31	66
ILLINOIS							
Chicago	41	5880	2	91	74	15	77
Springfield	39	5430	2	92	74	21	77
INDIANA							
Indianapolis	39	5700	2	90	74	22	76
South Bend	41	6440	1	89	73	22	75
IOWA							
Des Moines	41	6590	-5	91	74	23	77
Dubuque	42	7380	-7	88	73	22	75

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 532.

Condiciones exteriores de diseño (parte II).

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
KANSAS							
Topeka	39	5180	4	96	75	24	78
Wichita	37	4620	7	98	73	23	76
KENTUCKY							
Lexington	38	4680	8	91	73	22	76
Louisville	38	4660	10	93	74	23	77
LOUISIANA							
Baton Rouge	30	1560	29	93	77	19	80
New Orleans	30	1250	33	92	78	16	80
MAINE							
Portland	43	7510	-1	84	71	22	72
MARYLAND							
Baltimore	39	4110	13	91	75	21	77
MASSACHUSETTS							
Boston	42	5630	9	88	71	16	74
Pittsfield	42	7580	-3	84	70	23	72
MICHIGAN							
Detroit	42	6230	6	88	72	20	74
Lansing	42	6910	1	87	72	24	74
MINNESOTA							
Minneapolis	44	8380	-12	89	73	22	75
MISSISSIPPI							
Jackson	32	2240	25	95	76	21	78
MISSOURI							
Kansas City	39	4710	6	96	74	20	77
St. Louis	38	4480	8	94	75	18	77
MONTANA							
Billings	45	7050	-10	91	64	31	66
NEBRASKA							
Omaha	41	6610	-3	91	75	22	77
NEVADA							
Las Vegas	36	2710	28	106	65	30	70
Reno	39	6330	11	93	60	45	62
NEW HAMPSHIRE							
Concord	43	7380	-3	87	70	26	73
NEW JERSEY							
Newark	40	4590	14	91	73	20	76
Trenton	40	4980	14	88	74	19	76
NEW MEXICO							
Albuquerque	35	4350	16	94	61	27	65
NEW YORK							
Albany	42	6880	1	88	72	20	74
Buffalo	43	7060	6	85	70	21	73
NYC	40	4870	15	89	73	17	75

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 533.

Condiciones exteriores de diseño (parte III).

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
NORTH CAROLINA							
Charlotte	35	3190	22	93	74	20	76
Raleigh	35	3390	20	92	75	20	77
NORTH DAKOTA							
Bismark	46	8850	-19	91	68	27	71
OHIO							
Cincinnati	39	4410	6	90	72	21	75
Cleveland	41	6350	5	88	72	22	74
OKLAHOMA							
Okla. City	35	3725	13	97	74	23	77
Tulsa	36	3860	13	98	75	22	78
OREGON							
Portland	45	4640	24	86	67	21	67
PENNSYLVANIA							
Philadelphia	39	4490	14	90	74	21	76
Pittsburgh	40	5050	7	88	71	19	73
PUERTO RICO							
San Juan	18		68	88		11	80
RHODE ISLAND							
Providence	41	5950	9	86	72	19	74
SOUTH CAROLINA							
Charleston	32	1790	28	92	78	13	80
SOUTH DAKOTA							
Sioux Falls	43	7840	-11	91	72	24	75
TENNESSEE							
Memphis	35	3020	18	95	76	21	79
Nashville	36	3580	14	94	74	21	77
TEXAS							
Dallas	32	2360	22	100	75	20	78
Ft. Worth	32	2410	22	99	74	22	77
Houston	29	1280	33	95	77	18	79
UTAH							
Salt Lake City	40	6050	8	95	62	32	65
VERMONT							
Burlington	44	8270	-7	85	70	23	72
VIRGINIA							
Richmond	37	3870	17	92	76	21	78
Roanoke	37	4150	16	91	72	23	74
WASHINGTON							
Seattle	47	4420	27	82	66	19	67
Spokane	47	6660	2	90	63	28	64
WEST VIRGINIA							
Charleston	38	4480	11	90	73	20	75

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 534.

Condiciones exteriores de diseño (parte IV).

Localidad, Estados Unidos	Lat., Grados	Invierno		Verano			
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5% BS	BH	Rango Diario de BS	BH 2.5%
WISCONSIN							
Milwaukee	43	7640	-4	87	73	21	74
WYOMING							
Cheyenne	41	7380	-1	86	58	30	62
Localidad, Canadá							
ALBERTA							
Edmonton	53	10270	-25	82	65	23	66
BRITISH COLUMBIA							
Vancouver	49	5520	19	77	66	17	67
MANITOBA							
Winnipeg	49	10680	-27	86	71	22	73
NOVA SCOTIA							
Halifax	44	7360	5	76	65	16	67
ONTARIO							
Ottawa	45	8740	-13	87	71	21	73
Toronto	43	6830	-1	87	72	20	74
QUEBEC							
Montreal	45	7900	-10	85	72	17	74
Localidad, otros países							
				2.5% BS			
ARGENTINA							
Buenos Aires	35s		34	89		22	76
AUSTRALIA							
Melbourne	38s		38	91		21	69
AUSTRIA							
Vienna	48		11	86		16	69
BRAZIL							
Rio de Janeiro	23s		60	92		11	79
CHINA							
Shanghai	31		26	92		16	81
COLOMBIA							
Bogotá	5		46	70		19	59
CUBA							
Havana	23		62	91		14	81
EGYPT							
Cairo	30		46	100		26	75
ENGLAND							
London	51		26	79		16	66
FRANCE							
Paris	49		25	86		21	68

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 535.

Condiciones exteriores de diseño (parte V).

Localidad, otros países	Lat., Grados	Invierno		Verano		
		Grados Día	BS 97.5%	Coinc. 2.5%	Rango Diario de BS	BH 2.5%
GERMANY						
Berlin	52		12	81	19	67
INDIA						
New Delhi	29		41	107	26	82
IRAN						
Tehran	36		24	100	27	74
ISRAEL						
Tel Aviv	32		41	93	16	73
ITALY						
Rome	42		33	92	24	73
JAPAN						
Tokyo	36		28	89	14	80
MEXICO						
Mexico City	19		39	81	25	60
NIGERIA						
Lagos	6		71	91	12	82
POLAND						
Warsaw	52		8	81	19	70
SAUDIA ARABIA						
Jedda	21		60	103	22	84
SOUTH AFRICA						
Capetown	34s		42	90	21	71
SOVIET UNION						
Moscow	56		-6	81	21	67
SPAIN						
Madrid	40		28	91	25	69

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 536.

Anexo 11. Radiación solar a través de vidrio factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio, latitudes norte.

0 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

16 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

24 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

32 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
Abr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
Jun.	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
Jul.	40	111	167	20-4	215	194	150	96	72	273
Agos.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
Sept.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
Dic.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

40 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Abr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
Jun.	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
Jul.	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Agos.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sept.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dic.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

48 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Abr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
Jun.	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
Jul.	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Agos.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sept.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dic.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

56 Grados										
	N (Sombra)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Abr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
Jun.	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
Jul.	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Agos.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sept.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dic.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

Fuente: Capitulo N° 06 (Pita), pág. 143 y 144.

Anexo 12. Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin sombreado interior por personas venecianas enrollables.

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior					
					$h_e = 4.0$	Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas		Translúcidas
							Oscuro	Claro	Claro	
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^d	3/16 a 1/4	0.46	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69						
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
	Absorbente de calor ^e	3/8	0.34	0.60	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53							
Vidrio recubierto reflector		0.24	0.30	0.25	0.23					
			0.40	0.33	0.29					
			0.50	0.42	0.38					
			0.60	0.50	0.44					
VIDRIO AISLANTE	Doble ^a	3/32, 1/8	0.71 ^a	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro afuera									
	Claro adentro	1/4	0.61 ^a	0.81						
	Claro afuera									
	Claro adentro	1/4	0.36 ^a	0.55						
	Absorbente de calor afuera				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
Claro adentro			0.20	0.19	0.18					
Vidrio recubierto reflector			0.30	0.27	0.26					
			0.40	0.34	0.33					
Triple	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 145.

Anexo 13. Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado.

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

^a Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

^b La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h) Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals. ASHRAE Handbook & Product Directory*.

Fuente: Capítulo N° 06 (Pita), pág. 152.

Anexo 14. Ficha técnica de tubería.

Uponor Uni Pipe PLUS



La tubería multicapa Uponor Uni Pipe PLUS es la única del mercado sin soldadura en la capa de aluminio. Indicada para instalaciones de fontanería y calefacción por radiadores. Su radio de curvatura es de hasta 40%

menor que las tuberías multicapa presentes en el mercado: los cambios de dirección se pueden realizar mediante la flexión de la tubería, lo que reduce el número de accesorios necesarios y el tiempo de instalación.

Ventajas

- Sin soldadura en la capa de aluminio para el más alto nivel de seguridad
- Alta estabilidad dimensional con muy baja expansión térmica
- Mayor flexibilidad
- Barrera antidifusión de oxígeno al 100%
- Ligera: fácil de manejar e instalar



Código Uponor	d mm	s mm	l m	d mm	uPoints
1069678	16	2.0	100	12	500
1069677	16	2.0	200	12	900
1069678	20	2.25	100	15.5	700
1069681	25	2.5	50	20	800
1069683	32	3.0	50	26	1000

Uponor Uni Pipe PLUS blanco

| Tubería sin soldadura en la capa de aluminio |
| PE-RT/AL/PE-RT | Tubo en rollo |

Dimensión	Uds. Uds. Palet/Caja	PvP/m. ud
Uponor Uni Pipe PLUS blanco 16x2.0 100m	2.000 100 MTR	2,48 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco 16x2.0 200m	2.600 200 MTR	2,31 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco 20x2.25 100m	1.300 100 MTR	3,62 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco 25x2.5 50m	650 50 MTR	8,00 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco 32x3.0 50m	400 50 MTR	8,64 €



Código Uponor	d mm	s mm	l m	d mm
1069672	16	2.0	5	12
1069673	20	2.25	5	15.5
1069674	25	2.5	5	20
1069676	32	3.0	5	26

Uponor Uni Pipe PLUS blanco S

| Tubería sin soldadura en la capa de aluminio |
| PE-RT/AL/PE-RT | Tubo en barra |

Dimensión	Uds. Uds. Palet/Caja	PvP/m. ud
Uponor Uni Pipe PLUS blanco S 16x2.0 5m	6.375 125 MTR	4,40 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco S 20x2.25 5m	4.335 85 MTR	6,82 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco S 25x2.5 5m	2.550 55 MTR	7,01 €
Uponor Uni Pipe PLUS blanco S 32x3.0 5m	1.530 35 MTR	10,20 €



Código Uponor	d mm	s1 mm	l m	do mm	color	uPoints
1063668	16	6	75	28	azul	700
1063667	20	6	75	32	azul	900
1063668	25	6	50	37	azul	1050

Uponor Uni Pipe PLUS preaislado S6 WLS 035

| Tubería sin soldadura en la capa de aluminio |
| PE-RT/AL/PE-RT | Espesor del aislamiento 6 mm | Coef. de conductividad del aislamiento $\lambda=0,035$ W/m²k | Tubo en rollo |

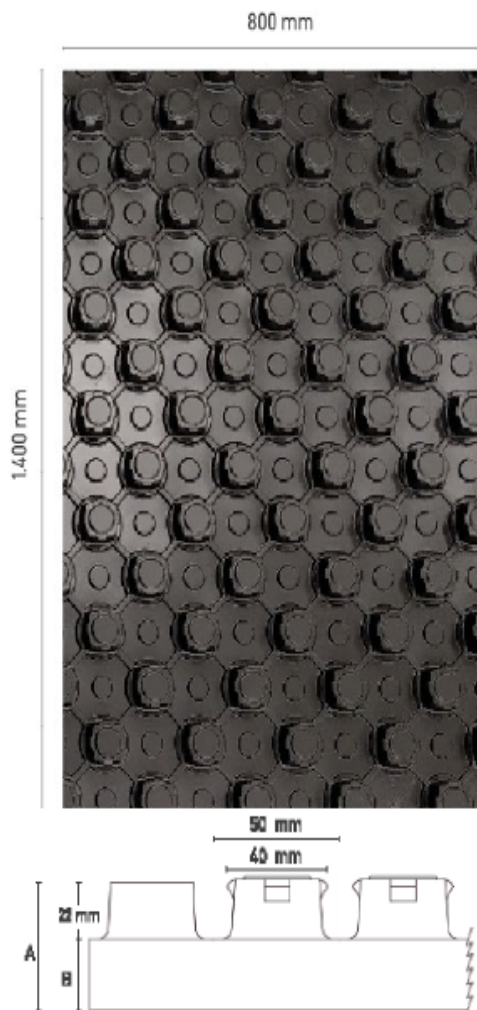
Dimensión	Uds. Uds. Palet/Caja	PvP/m. ud
Uponor Uni Pipe PLUS preaislado S6 WLS 035 16x2.0 azul 75m	600 75 MTR	4,28 €
Uponor Uni Pipe PLUS preaislado S6 WLS 035 20x2.25 azul 75m	600 75 MTR	8,11 €
Uponor Uni Pipe PLUS preaislado S6 WLS 035 25x2.5 azul 50m	400 50 MTR	7,47 €

Anexo 15. Ficha técnica del poliéster expandido.

Panel aislante (termoconformado)

Al igual que la tubería, el panel que se emplea para el sistema de suelo radiante requiere especial atención a sus propiedades y características mecánicas, técnicas y de comportamiento a largo plazo, ya que este elemento también va a formar parte integrante del edificio al quedar embebido en mortero de cemento sobre el forjado estructural.

Con el panel aislante Maxlor se consigue minimizar las pérdidas caloríficas inferiores, consiguiendo una importante reducción del consumo energético.



La placa Maxlor de poliestireno expandido de alta densidad EPS-AU está recubierta con plástico termoconformado rígido con alta resistencia a las pisadas durante la instalación y a los esfuerzos de la tubería, conforme a la norma UNE-EN 13163:2013+A1:2015.

Cuenta con machihembrado en sus cuatro cantos por encastre, permitiendo un fácil y perfecto ajuste de las placas evitando fallos de alineación de los tetones además de conseguir un sistema totalmente continuo, sin posibilidad de puentes térmicos.

Las placas cuentan con tetones de 22 mm. de altura con forma poligonal y contrasalida que mejora sustancialmente la sujeción del tubo, impidiendo que se separe del aislamiento y manteniéndolo con una separación constante, tal y como está previsto para conseguir una temperatura uniforme en el pavimento en cumplimiento de la norma UNE-EN 1264-4. Las tuberías quedan totalmente sujetas sin necesidad

de grapas o complementos, consiguiendo una mayor rapidez en su colocación.

Por su diseño, un solo operario basta para fijar de forma correcta las tuberías.

Permite utilización de tuberías PEX-a MAXLOR de Ø16 y Ø17 y paso de tuberías a 50 mm.

Los paneles realizan una doble función: guía de los tubos y aislante térmico y acústico.

Dimensiones

Característica	Valor	Unidad
Largo	1400	mm
Ancho	800	mm
Superficie	1,12	m ²
Altura (incluidos tetones)	42	mm
Paso de tubo	50	mm

Características técnicas

Característica	Valor	Unidad
Conductividad térmica (λ)	0,034	W/mK
Rectangularidad	S (5) (+5/1000)	mm
Planicidad	P(10) (+10)	mm
Estabilidad dimensional	< \pm 0,5	%
Resistencia a flexión	250	KPa
Resistencia a compresión	150	KPa
Clasificación al fuego	E*	

* Clasificación del material desnudo, no en aplicación final de uso

Resistencia térmica

λ (W /mK)	Largo x ancho (mm)	Espesor total (A) (mm)	Espesor base (B) (mm)	Espesor efectivo* (mm)	Resistencia térmica efectiva (M2 K/W)
0,034	1400 x 800	42	20	26	0,75

* Mediante cálculo del valor volumétrico de la placa (incluyendo los tetones) según UNE-EN 1264-4

Anexo 16. Ficha técnica del panel – yeso PLAFORAD GK.

PLAFORAD GK

15

Techos radiantes de cartón-yeso

El panel PLAFORAD GK ha sido construido según estándares de alta calidad y se realiza mediante una simple y práctica aplicación térmica de los techos de cartón-yeso estándar, con alta conductividad térmica o de tipo fonoabsorbente.

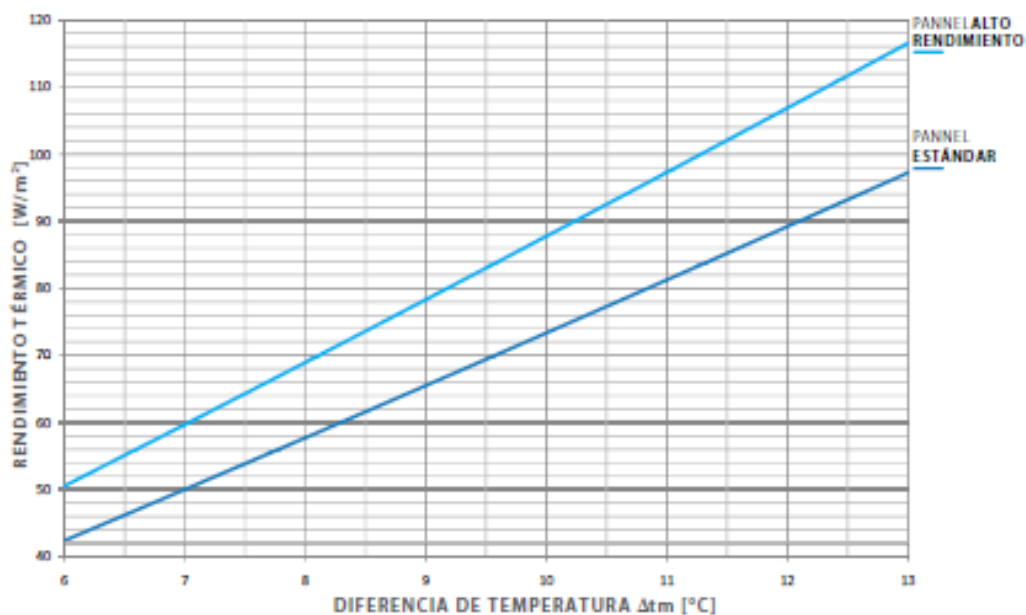
Se hallan disponibles dos tipos de paneles, uno de **alto rendimiento** y otro de **rendimiento estándar**, basta cambiar el tipo de cartón-yeso que hay que utilizar.

Gracias al uso de perfiles conductores de aluminio y tubos de cobre, el rendimiento en caliente y en frío es constante y seguro incluso después de 30 años de empleo, **100% eco-compatible**, **100% reciclable** y **100% recuperable**.

RENDIMIENTOS TÉRMICOS EN REFRIGERACIÓN

Panel ALTO RENDIMIENTO ($\Delta T = 10K$)	88 W/m²
Panel ESTÁNDAR ($\Delta T = 10K$)	73 W/m²

GRÁFICO DEL RENDIMIENTO TÉRMICO SEGÚN NORMAS EN 14240, EN 14037 Y EN 15377

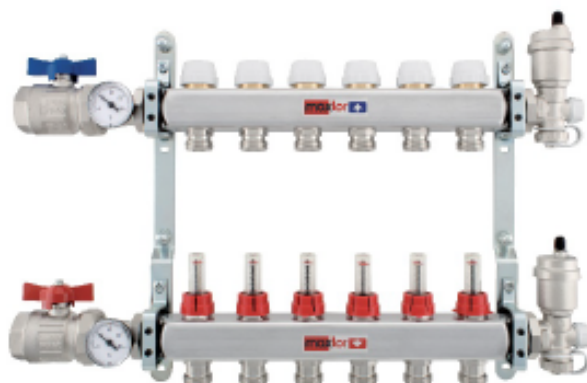


Anexo 17. Ficha técnica de colector de acero inoxidable.

Colector de acero inoxidable

El colector de acero inoxidable Maxlor ofrecen alta resistencia a la corrosión, garantizando una excelente durabilidad, desde 3 hasta 13 circuitos.

Regula y distribuye en un fácil ajuste el caudal de fluido hacia cada circuito al contar con ajuste automático de caudales.



Su diseño facilita el montaje y la conexión estanca de los circuitos, hasta 13. Cuenta con conexiones a caldera de 1" y conexiones de 3/4" a circuitos con euroconos.

Dispone de soporte metálico completo en acero para fijación.

Piezas de extremo con grupo de purgado automático y grifos de descarga de latón niquelado.

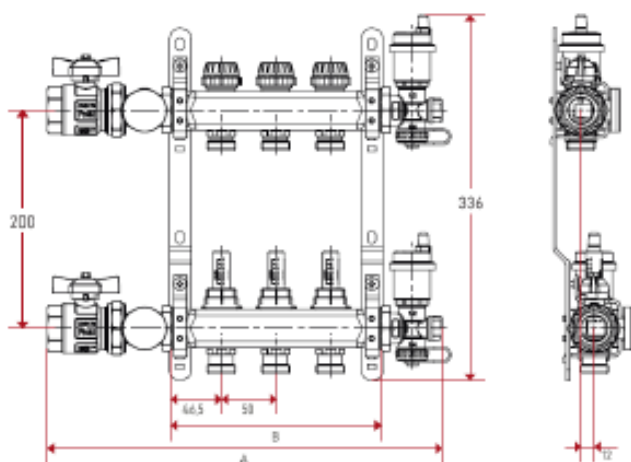
Colector de impulsión de acero inoxidable AISI 304L con caudalímetros.

Válvulas de corte de bola de acero inoxidable AISI 304L.

Colector de retorno en acero inoxidable AISI 304L con válvulas de corte preestablecidas para cabezales electrotérmicos.

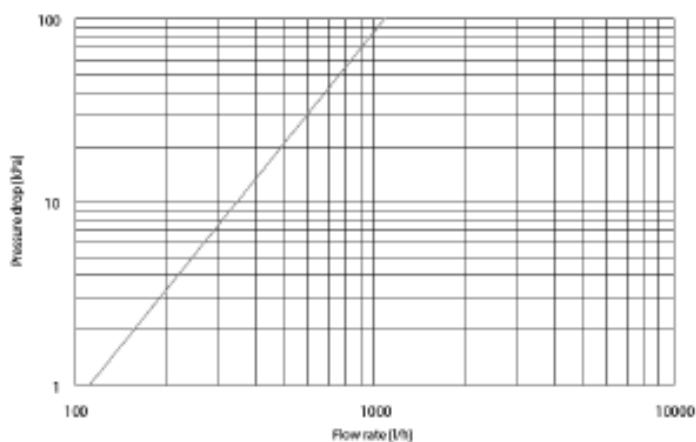
Termómetros analógicos.

Con adhesivos para identificar los circuitos e instrucciones de montaje.



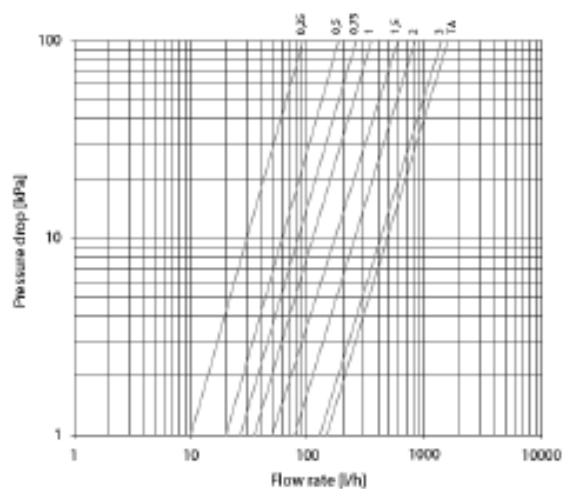
REFERENCIA	NÚMERO DE CIRCUITOS	DIMENSIONES (mm)		PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO	TEMPERATURA MÁX. DE TRABAJO
		A	B		
F17INOX03	3	362	193	6 bar [10 bar para puesta en marcha de la instalación]	70°C
F17INOX04	4	412	243		
F17INOX05	5	462	293		
F17INOX06	6	512	343		
F17INOX07	7	562	393		
F17INOX08	8	612	443		
F17INOX09	9	662	493		
F17INOX10	10	712	543		
F17INOX11	11	762	593		
F17INOX12	12	812	643		
F17INOX13	13	862	693		

Diagrama regulador de caudal todo abierto (colector de ida)



$$K_v = 1,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diagrama del detentor (colector de ida)



Regulación (revoluciones)	Kv [m³/h]
0,25	0,09
0,5	0,19
0,75	0,27
1	0,36
1,5	0,60
2	0,83
3	1,45
TA (open)	1,65

Anexo 18. Ficha técnica de bomba de recirculación WILO STRA RS2514.

Series description: Wilo-Star-RS



Design

Glandless circulation pump with threaded connection.
Preselectable speed stages for power adjustment

Application

Hot-water heating systems of all kinds, industrial circulation systems, cold water systems and air-conditioning systems

Type key

Example:	Wilo-Star-RS 25/4
Star-RS	Standard pump (screw-end pump)
25/	Nominal connection diameter Rp
4	Nominal delivery head [m] at Q = 0 m ³ /h

Special features/product benefits

- Suitable for any installation position with horizontal shaft; terminal box in 3--6--9--12 o'clock position
- Three preselectable speed stages for load adjustment
- Easy and safe installation due to practical wrench attachment point on pump body
- Simplified electrical installation due to terminal box with removable threaded cable connection that can be used on both sides: Quick connection with spring clips

Technical data

- Permissible temperature range -10°C to +110°C
- Mains connection 1~230 V, 50 Hz
- Protection class IP 44
- Threaded connection Rp ½, Rp 1 or Rp 1¼
- Max. operating pressure 10 bar

Anexo 19. Ficha técnica de bomba de calor de 12kW.



OMNIA H

REVERSIBLE HEAT PUMP FOR SPLIT INSTALLATION
POMPE DI CALORE ARIA-ACQUA PER INSTALLAZIONE SPLITTATA



EN-IT

TECNICAL BULLETIN / BOLLETTINO TECNICO

Anexo 20. Ficha técnica de bomba de calor de 12kW.

ERP DATA (TDS = TECHNICAL DATA SHEET) / DATI ERP (TDS = FOGLIO DATI TECNICI)							
Mod. 10 - Heating mode - Average climate - Medium temperature (55°C) / Modo riscaldamento - Clima medio - Media temperatura (55°C)							
Model(s):		OMNIA-UE 10					
Air-to-water heat pump:		YES					
Water-to-water heat pump:		NO					
Brine-to-water heat pump:		NO					
Low-temperature heat pump:		NO					
Equipped with a supplementary heater:		YES					
Heat pump combination heater:		NO					
Declared climate condition:		AVERAGE					
Parameters are declared for medium-temperature (55°C) application.							
Item	Symbol	Value	Unit	Item	Symbol	Value	Unit
Rated heat output (*)	Prated	12	kW	Seasonal space heating energy efficiency	η_{sp}	127	%
Declared capacity for heating for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj				Declared coefficient of performance or primary energy ratio for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Tj = -7 °C	Pdh	10.9	kW	Tj = -7 °C	COPd	2.02	-
Tj = 2 °C	Pdh	7.0	kW	Tj = 2 °C	COPd	3.05	-
Tj = 7 °C	Pdh	4.2	kW	Tj = 7 °C	COPd	4.49	-
Tj = 12 °C	Pdh	2.5	kW	Tj = 12 °C	COPd	5.97	-
Tj = bivalent temperature	Pdh	10.9	kW	Tj = bivalent temperature	COPd	2.02	-
Tj = operating limit	Pdh	10.3	kW	Tj = operating limit	COPd	1.73	-
For air-to-water heat pumps: Tj = -15 °C	Pdh	-	kW	For air-to-water heat pumps: Tj = -15 °C	COPd	-	-
Bivalent temperature	T _{biv}	-7	°C	For air-to-water heat pumps: Operation limit temperature	TOL	-10	°C
Cycling interval capacity for heating	P _{cyh}	-	kW	Cycling interval efficiency	COP _{cy}	-	-
Degradation co-efficient (**)	C _{dh}	0.9	-	Heating water operating limit temperature	WTOL	60	°C
Power consumption in modes other than active mode				Supplementary heater			
Off mode	P _{off}	0.019	kW	Rated heat output (**)	P _{sup}	2.0	kW
Standby mode	P _{sb}	0.019	kW	Type of energy input	Electrical		
Thermostat-off mode	P _{to}	0.078	kW				
Crankcase heater mode	P _{ck}	0.014	kW				
Other items							
Capacity control	variable			For air-to-water heat pumps: Rated air flow rate, outdoors	-	6500	m ³ /h
Sound power level, indoors/outdoors	L _{WA}	45/67	dB	For water- or brine-to-water heat pumps: Rated brine or water flow rate, outdoor heat exchanger	-	-	m ³ /h
Annual energy consumption	Q _{HE}	7833	kWh				
For heat pump combination heater:							
Declared load profile				Water heating energy efficiency			
Daily electricity consumption	Q _{dec}	-	kWh	Daily fuel consumption	η_{wh}	-	%
Annual electricity consumption	AEC	-	kWh	Annual fuel consumption	Q _{fuel}	-	kWh
				Annual fuel consumption	AFC	-	GJ
Contact details		Ferrol spa - 37047 San Bonifacio (Verona) Italy - Via Ritonda 78/A - tel. +39.045.6139411 - fax +39.045.6100933 - www.ferrol.com					
(*) For heat pump space heaters and heat pump combination heaters, the rated heat output Prated is equal to the design load for heating Pdesignh, and the rated heat output of a supplementary heater Psup is equal to the supplementary capacity for heating sup(Tj). (**) If Cdh is not determined by measurement then the default degradation coefficient is Cdh = 0,9.							

Anexo 21. Juicio de expertos para validación de instrumento utilizado en la investigación.

GUÍA, JUICIO DE EXPERTOS

1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: ANGEL MARCERO ROJAS CORONEL

Centro laboral: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

Título profesional: INGENIERO MECÁNICO

Grado: MAGISTER Mención: ENERGÍA

Institución donde lo obtuvo: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

Otros estudios: _____

2. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (véase anexo N° 1).

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente.

3. Juicio de experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)				✓	
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)					✓
3. El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (visión general)				✓	
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)					✓
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables(coherencia)					✓
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)				✓	

7. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido				✓
8. Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)				✓
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular(orden)				✓
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad(extensión)				✓
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado(inocuidad)				✓
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)				✓
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)				✓
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)				✓
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)				✓
Puntaje parcial				24 45
Puntaje total				69

Nota:

Índice de validación del juicio de experto (Ivje) =

$$[\text{puntaje obtenido} / 75] \times 100 = 92\%$$

4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación
Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

5. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado):

El instrumento es el adecuado y específico para el trabajo planteado.

6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, Ángel Marcelo Rojas Coronel
identificado con DNI. N° 17451715 certifico que realicé el juicio del experto
al instrumento diseñado por el tesista.

1 **Juan Andersson Correa Sánchez**, en la investigación denominada: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS – PIURA”**



Ángel Marcelo Rojas Coronel
ING. MECÁNICO
C.I.P. N° 85995 /

Firma del experto

GUÍA, JUICIO DE EXPERTOS

1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: José Benny Amaya Cisneros
 Centro laboral: HOVAM CONSTRUCTOR S.A.C
 Título profesional: Ingeniero Mecánico Eléctrico
 Grado: Ingeniero Mención: _____
 Institución donde lo obtuvo: Universidad Católica Santa Teresita del Granujá
 Otros estudios: Diplomado en SSOMA

2. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (véase anexo N° 1).

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente.

3. Juicio de experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)					X
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)				X	
3. El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (visión general)					X
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)				X	
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables(coherencia)					X
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)				X	

7. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido					X
8. Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)					X
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular(orden)					X
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad(extensión)					X
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado(inocuidad)					X
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)					X
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)					X
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)				X	
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)				X	
Puntaje parcial					
Puntaje total					

Nota:

Índice de validación del juicio de experto (Ivje) =

$$[\text{puntaje obtenido} / 75] \times 100 = 93,33\%$$

4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación
Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				


5. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado):

El instrumento es apto ya que obtuvo el 93.33%

6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, José Benny Amaya Cisneros identificado con DNI. N° 70428859 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por el testista.

1 **Juan Andersson Correa Sánchez**, en la investigación denominada: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS – PIURA**”


JOSE BENNY AMAYA CISNEROS
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
REG. CIP. 247610

Firma del experto

GUÍA, JUICIO DE EXPERTOS

1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: Edgar Junior Sánchez Soriano

Centro laboral: IE NSV

Título profesional: Ingeniero Mecánico Eléctrico

Grado: Ingeniero Mención: _____

Institución donde lo obtuvo: USAT

Otros estudios: Diplomado en gestión de Mantenimiento

2. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (véase anexo N° 1).

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente.

3. Juicio de experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)					X
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)				X	
3. El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (visión general)				X	
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)					X
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables(coherencia)				X	
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)					X

7. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido					X
8. Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)				X	
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular(orden)					X
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad(extensión)					X
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado(inocuidad)					X
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)				X	
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)				X	
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)					X
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)				X	
Puntaje parcial				28	40
Puntaje total				68	

Nota:

Índice de validación del juicio de experto (Ivje) =

$$[\text{puntaje obtenido} / 75] \times 100 = 90.7\%$$

4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación
Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

5. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado):

Como resultado se obtuvo un 90.7%, por lo cual el instrumento de investigación está apto.

6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, Edgar Junior Sánchez Serrano identificado con DNI. N° 46205222 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por el tesista.

1 Juan Andersson Correa Sánchez, en la investigación denominada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR PISO RADIANTE PARA ASEGURAR EL CONFORT DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°14616 DE CHULUCANAS - PIURA"


EDGAR JUNIOR SÁNCHEZ SERRANO
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
REG. CIP. 233399

Firma del experto