



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

DISTRITOS TÉRMICOS DE ENFRIAMIENTO, INTRAMURALES

**Ing. Camilo Botero G.
Proyectos en Ingeniería Térmica**

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**



**φ ACADEMIA
CBG**

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

DISTRITO DE ENFRIAMIENTO, INTRAMURAL

CASO DE ÉXITO, APLICANDO ESTA TECNOLOGÍA

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**Φ ACADEMIA
CBG**

TESTIMONIO DEL GERENTE DEL PROYECTO

La PUJ Cali, en su **plan de gestión integral de la energía**, inició el proyecto de su Distrito de Enfriamiento, para todo el campus universitario.

Se ha llevado a cabo todo lo concerniente a la climatización de su costado sur (Etapa I) y costado norte (Etapa II) y la consolidación de su planta de chillers, con un sistema de control centralizado y expandible para lograr un BMS.

Los beneficios obtenidos, descritos aquí sin cifras, son:



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**Φ ACADEMIA
CBG**

TESTIMONIO DEL GERENTE DEL PROYECTO

Disminución del consumo de energía de manera considerable

Supresión del consumo de agua de condensación y su tratamiento, ya que se utilizaron chillers de condensación por aire con variación de velocidad en sus compresores y ventiladores.

Disminución apreciable del mantenimiento de chillers obsoletos y ubicados discretamente en el campus.

Quedo disponible área ocupada por los chillers para actividades académicas de la PUJ.

Se retiró el ruido de áreas utilizadas por la comunidad universitaria, con un intangible muy favorable para sus actividades.



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

EN PROCURA DEL PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN ÓPTIMO

Máxima Eficiencia Energética

Mínimo Impacto al Medio Ambiente

Cumplimiento de Especificaciones

Facilidad de Operación

Mantenibilidad O&M

Estabilidad durante su Ciclo de Vida

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

Cada incremento en eficiencia por cambio de tecnología o por un control más eficiente para atender las cargas parciales, se traduce en menos consumo de energía y por tanto reduce la huella de carbono del sistema, atenuando el impacto en el medio ambiente y mitigando el cambio climático.

Los chillers pierden un 30% o más de su capacidad nominal, lo cual favorece ejecutar proyectos como el presente.



Algunos chillers antiguos de la PUJ presentaban **obsolescencia**, lo cual conlleva dificultad de suministro de repuestos, sobre todo las tarjetas electrónicas de los sistemas de control, vitales para la operación de los chillers, un altísimo consumo de energía eléctrica y agua potable, además de ruido, ocupación de espacio, fallas recurrentes y alto costo de mantenimiento.



COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU

Φ ACADEMIA
CBG

ASHRAE ESTÁNDAR 202-2024

Su prólogo lo define como:

“ Un proceso orientado a la **calidad** para optimizar la entrega de un proyecto. El proceso se enfoca en evaluar y documentar que todos los sistemas y ensambles, son planeados, diseñados, instalados, probados, operados y mantenidos para cumplir con los Requisitos del Dueño para el Proyecto. ”



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**



ASHRAE GUIDELINE

HVAC&R Technical Requirements for The Commissioning Process

Approved by the ASHRAE Standards Committee on June 23, 2007, and by the ASHRAE Board of Directors on June 27, 2007.

ASHRAE Guidelines are updated on a five-year cycle; the date following the Guideline is the year of approval. The latest edition of an ASHRAE Guideline may be purchased from ASHRAE Customer Service, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 404-321-5478. Telephone: 404-636-8400 (worldwide) or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada).

©Copyright 2007 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

ISSN 1049-894X

**American Society of Heating, Refrigerating
and Air-Conditioning Engineers, Inc.**
1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329
www.ashrae.org

ASHRAE Guideline 1.1-2007
(Supersedes ASHRAE Guideline 1-1996)



ANSI/ASHRAE/IES Standard 202-2024
(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 202-2018)
Includes ANSI/ASHRAE/IES addenda listed in Appendix B

The Commissioning Process Requirements for New Buildings and New Systems

See Informative Appendix B for ASHRAE, IES, and ANSI approval dates.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE® website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2024 ASHRAE

ISSN 1041-2336



PDF includes hyperlinks for convenient navigation. Click on a reference to a section, table, figure, or equation to jump to its location. Return to the previous page via the bookmark menu.



**Illuminating
ENGINEERING SOCIETY**



**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**

**Φ ACADEMIA
CBG**



FASES DEL PROYECTO

Existen cuatro fases muy definidas en todo proyecto, que deben tener un proceso de aseguramiento de su calidad:

Pre-diseño

Diseño

Construcción

Operación y Mantenimiento



Parámetros de Diseño para la Psicrometría

CONDICIONES DE DISEÑO	BULBO SECO	BULBO HÚMEDO	% RH	PUNTO DE ROCÍO	GRANOS POR LIBRA
Exterior (°C) día	34.5	24.5	50	21	124
Exterior (°C) Noche	18.4	17.8	90	16.6	92
Interior (°C)	24.0	16.5	55	14.1	77



ETAPA I COSTADO SUR DEL CAMPUS DE LA PUJ CALI

OBJETIVO

Se diseñó el Distrito de Enfriamiento para la **ETAPA I – ETAPA II**, con conexión a los siguientes edificios: Primer bloque de Laboratorios (**150TR**), Almendros (**230TR**), Educación Continuada (**125TR**), Registro Académico (**33TR**), Ingeniería (**92TR**), Samán, (**88TR**), Bienestar (**22TR**), Administrativo (**120TR**), Biblioteca (**150TR**), para un total de **1010TR**.

Factor de simultaneidad = 600 TR/1010 TR

FS = 0,6



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

INTERPRETACIÓN FACTOR DE SIMULTANEIDAD PARA LA ETAPA I FASE I

En caso de estar parte del sistema ocupado al 100% de carga y teniendo en cuenta las nuevas condiciones climáticas extremas, el Distrito de Enfriamiento **ETAPA I – FASE I**, operando a plena capacidad, podría cubrir hasta un 60% de la demanda total instalada: **1010 TR**, de manera simultánea, es decir hasta **606 TR**.



ETAPA II

COSTADO NORTE DEL CAMPUS DE LA PUJ CAL

OBJETIVO

Se diseñó el Distrito de Enfriamiento para la **ETAPA II**, con conexión a los siguientes edificios: Acacias II (**94TR**), Facultad de Ciencias Económicas (**120TR**), Aulas del Lago (**125TR**), Raúl Posada (**115TR**), Guayacanes (**232TR**), Palmas, (**250TR**), Auditorio Alfonso Borrero Cabal (**70TR**), Ingeniería Civil (**40TR**), Cafeterías (**30TR**), para un total de **1076TR**.

Factor de simultaneidad = 600 TR/1076 TR

FS = 0.56



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

INTERPRETACIÓN DEL FACTOR DE SIMULTANEIDAD PARA LA ETAPA II

En caso de estar parte del sistema ocupado al 100% de carga y teniendo en cuenta las nuevas condiciones climáticas extremas, el Distrito de Enfriamiento **ETAPA II**, operando a plena capacidad, podría cubrir hasta un 56% de la demanda total instalada: **1076 TR**, de manera simultánea, es decir hasta **602,5 TR**.



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

INTERPRETACIÓN DEL FACTOR DE SIMULTANEIDAD REAL PARA TODO EL CAMPUS

Para la carga total del campus del 2086 TR, solamente se requiere la operación de dos Chillers de 300 TR.

Factor de Simultaneidad = $600/2086$

FS=0.29



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

DISEÑO HIDRÁULICO

El sistema de **bombeo en el Distrito de Enfriamiento** se cambia de primario secundario, a uno variable en el primario, con variador de frecuencia para cada bomba.

Los sistemas Almendros, Palmas y Centro Técnico estaban con el esquema primario secundario, y velocidad constante en las bombas.

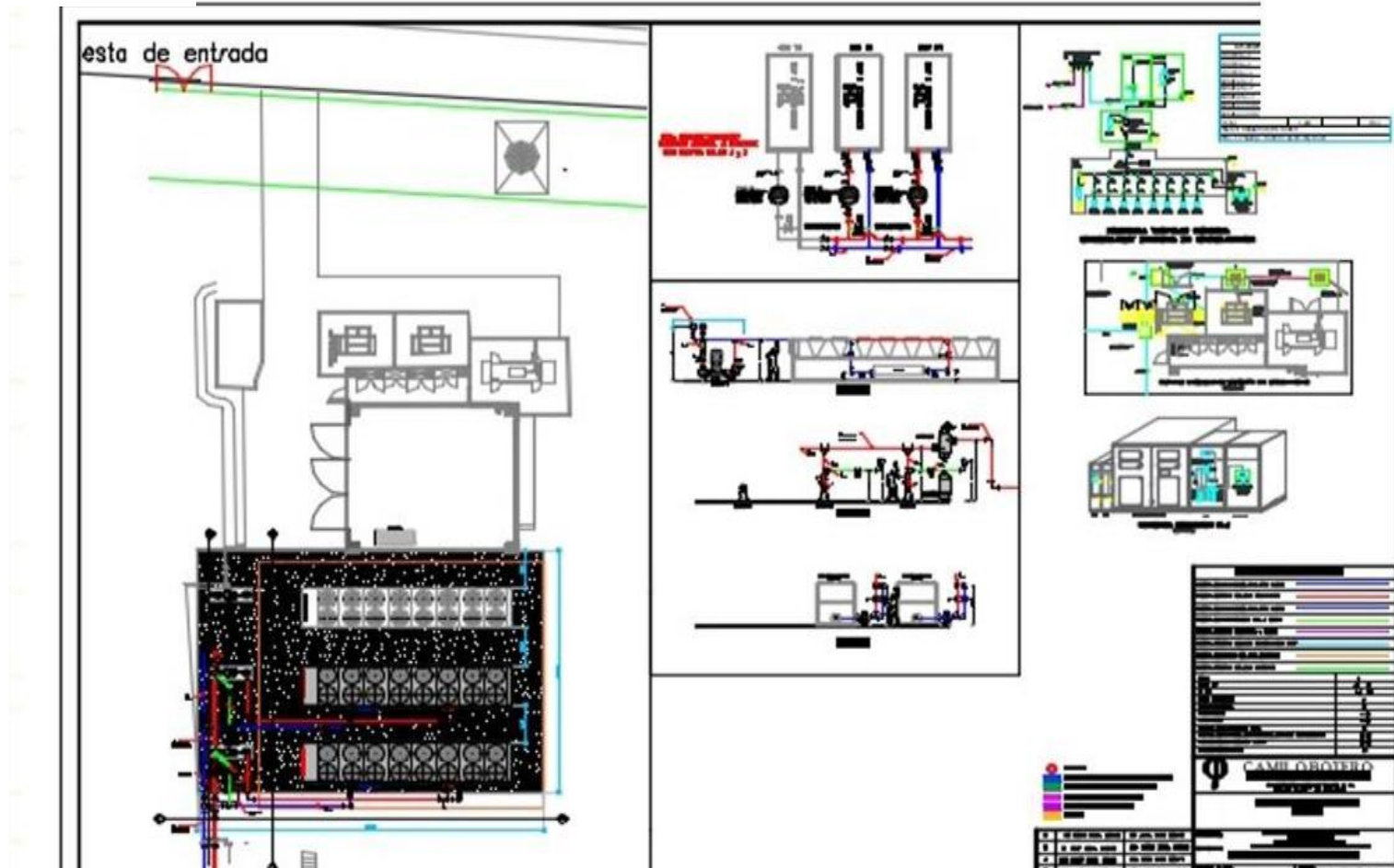
El diseño de la red hidráulica, presentó retos importantes, por los desniveles, corrientes de agua, bosques, jardines y áreas construidas.



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

DISTRITO DE ENFRIAMIENTO

**φ ACADEMIA
CBG**

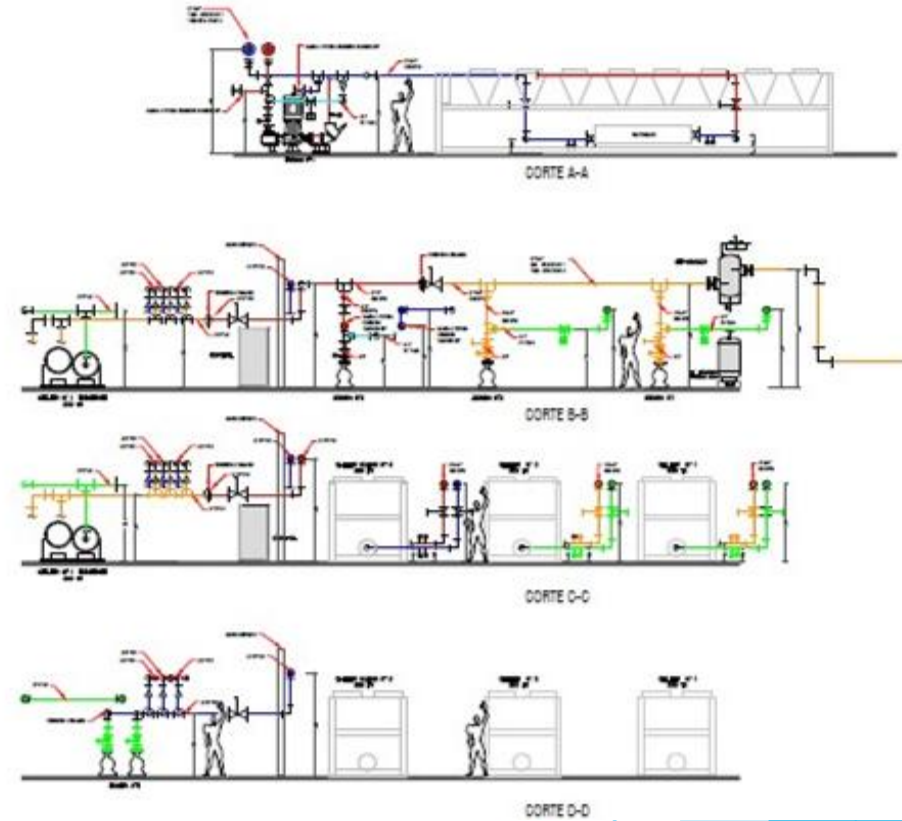
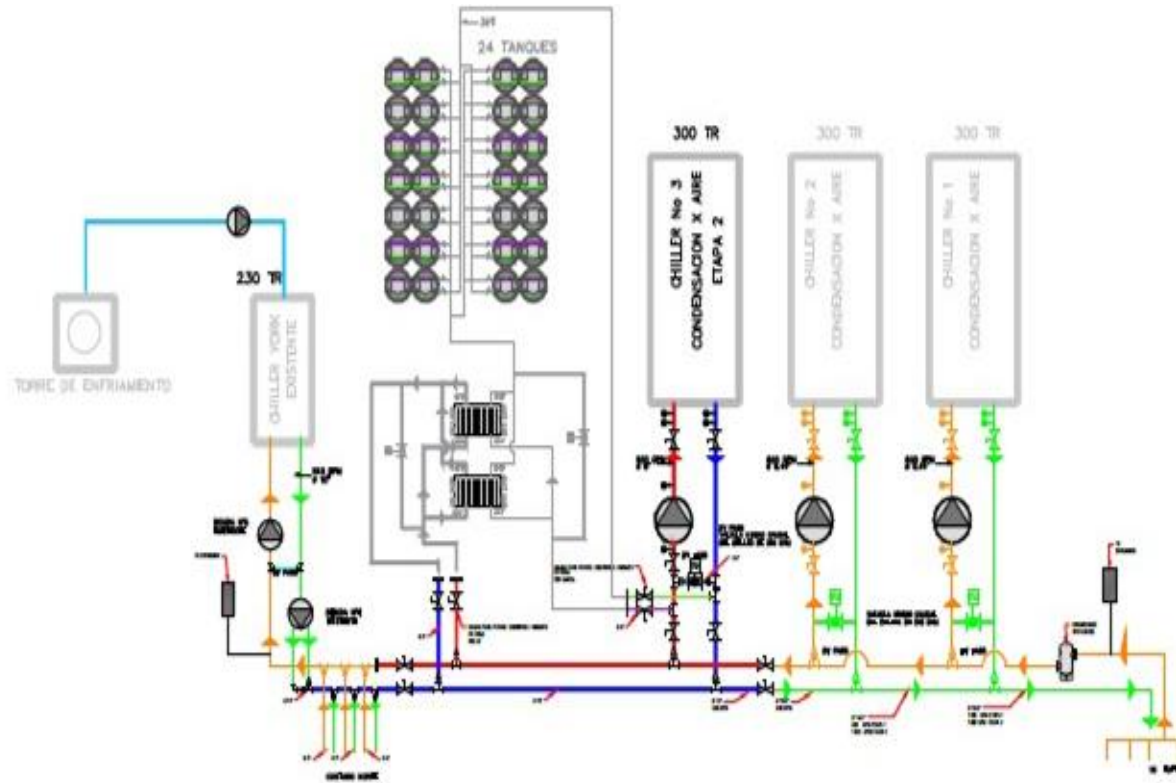


1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**



**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**

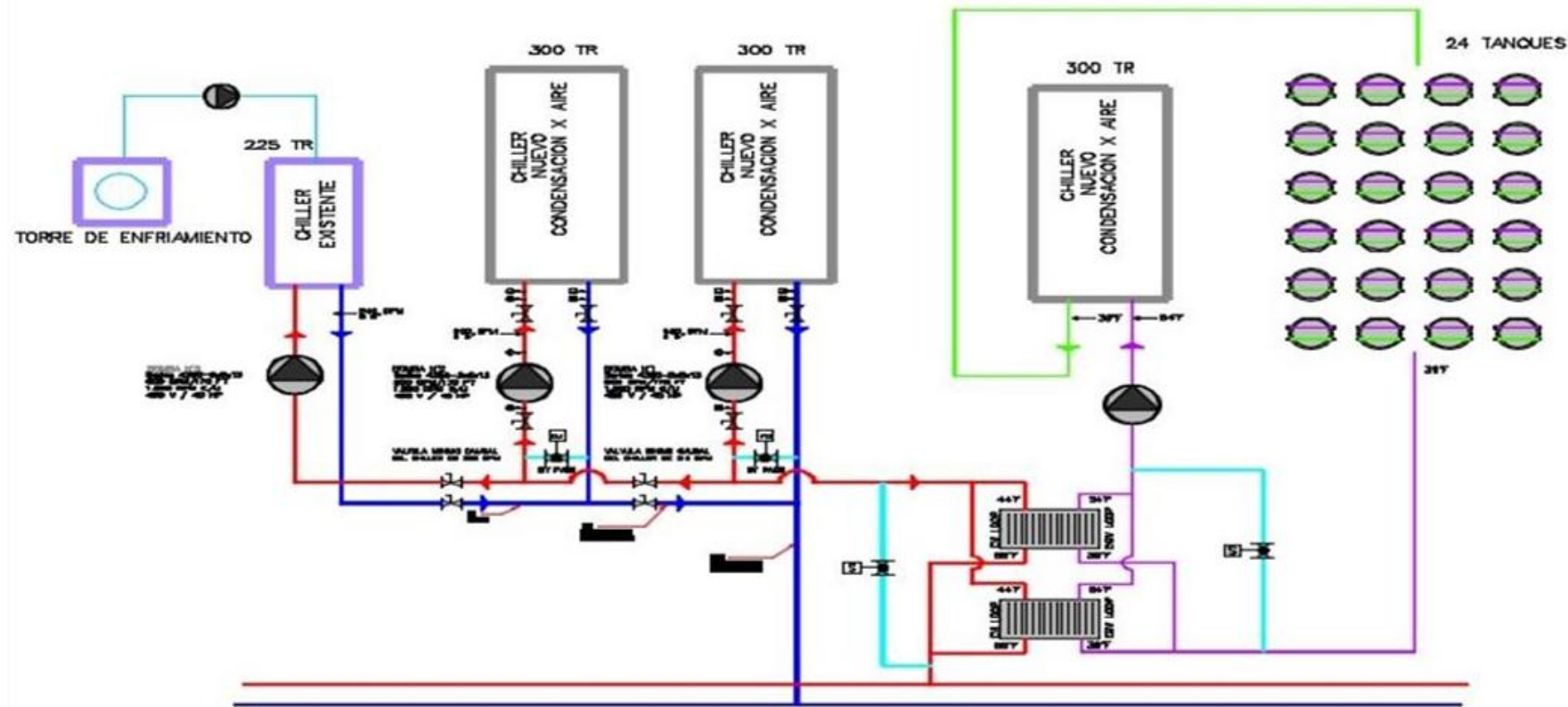
Distrito de enfriamiento en el Campus



1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)



ESQUEMA CHILLERS, BOMBAS, TANQUE DE HIELO, INTERCAMBIADORES DE CALOR, VALVULAS Y MANIFOLD





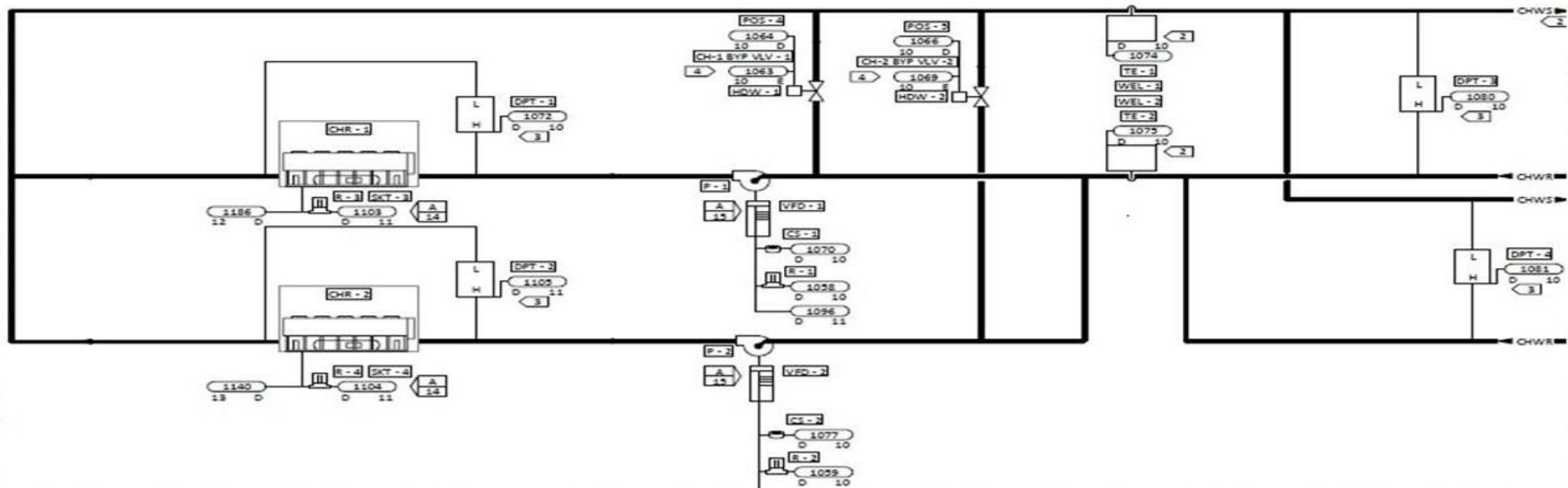
ESTRATEGIA DE CONTROL

Lograr el mínimo de consumo de Energía Eléctrica, en la planta de tres chillers, tres bombas y tres válvulas de bypass, haciendo que dicho consumo se conforme lo más exactamente posible a la variación de demanda de carga térmica, en los edificios servidos en las Etapas I y II, debido a ocupación y cambios de las condiciones de temperatura y humedad relativa exteriores por el microclima en la PUJ Cali; con el apoyo del control de los chillers, para que logren su punto de operación óptimo y así mismo las bombas de agua fría.



DIAGRAMA DE CONTROL

(AGUA FRIA)





**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

OPTIMIZACIÓN DEL DISTRITO DE ENFRIAMIENTO CON LA TECNOLOGÍA DE ALMACENAMIENTO DE HIELO

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**

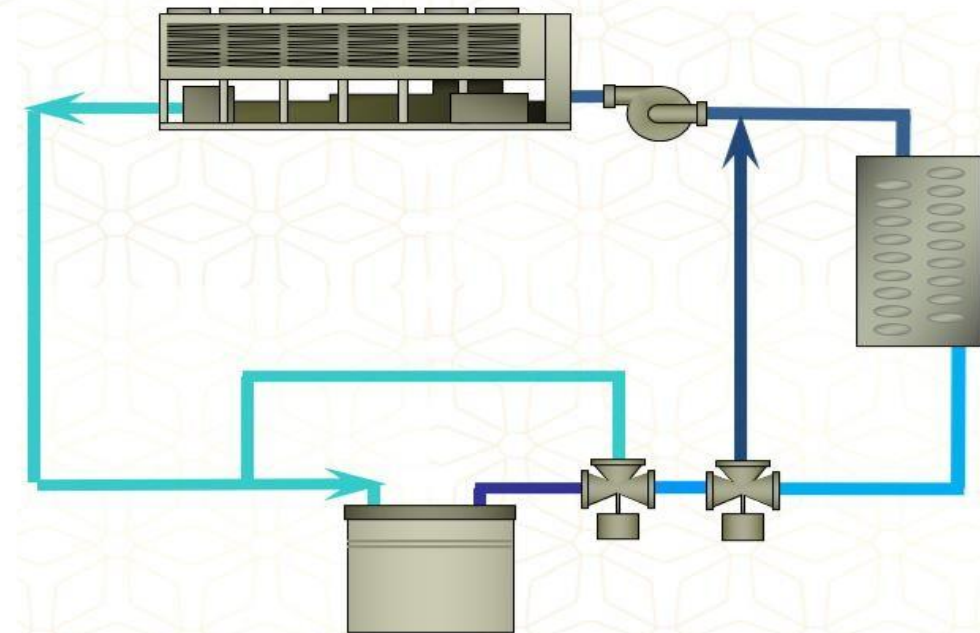


**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

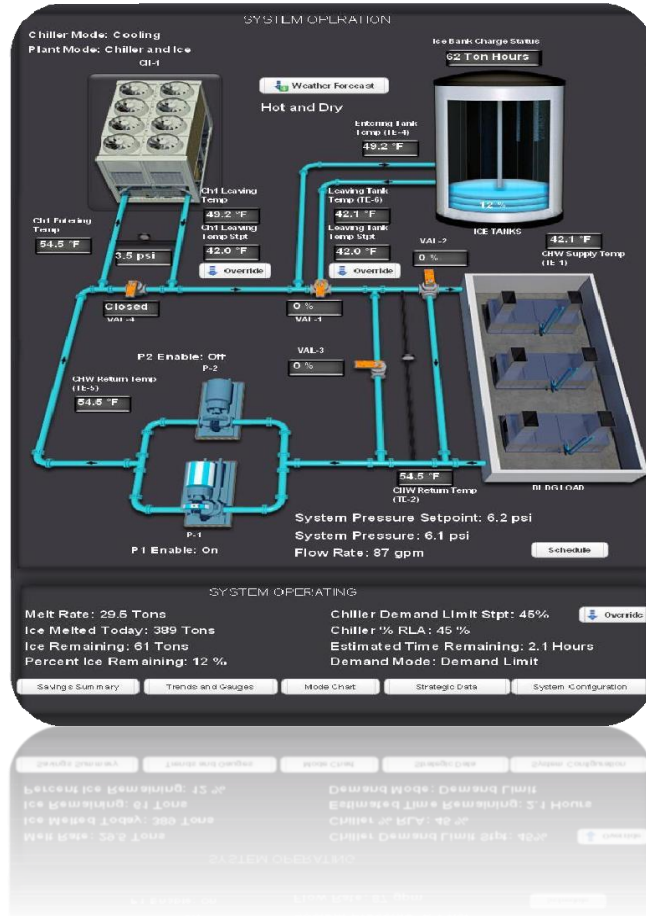
Sistema simple de Agua Fría Enfriado por Aire

- Chiller
- Tanque de Hielo Aguas Abajo
- Válvula Mezcladora
- Válvula Desviadora
- Controles
- Fluidos de Transferencia de Calor





Esquema del Sistema



- Representación esquemática del diseño de la planta
- Vista rápida de parámetros del sistema
- Habilidad de poner puntos de ajuste y pronósticos del clima
- Enlaces para otros datos claves



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**Φ ACADEMIA
CBG**

Componentes del Sistema



Chillers Enfriados
por Aire



Tanques de Hielo



Módulo que complementa el Sistema:
Bombeo y control del porcentaje de
Glicol

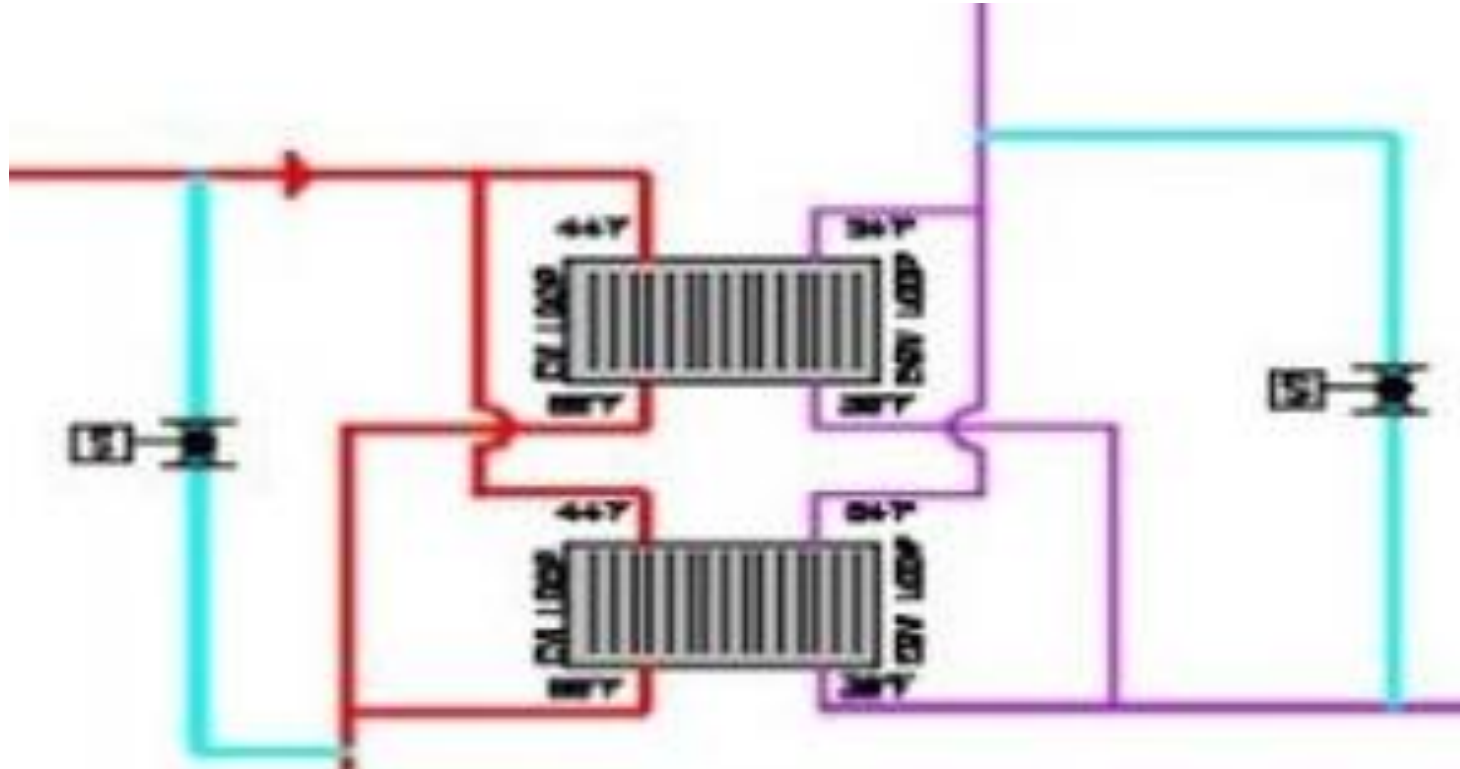
**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

Intercambiadores de Calor



1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

Componentes del Tanque de Hielo

- **Líder de la Industria- Reconocimiento de Marca**
- **Módulo no Corrosivo**
- **Derretimiento Interior**
- **Rendimiento de Catálogo Reproducible**
- **Distintos Tamaños para cada Proyecto**
- **Fácilmente Reubicable**
- **Simple de Mantener**



**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



Tabla de Modos

- Describe el comportamiento del sistema en diferentes situaciones
- Modo activo subrayado
- Compatible con Impresora

Modo	Bombas del Sistema	Chiller	Válvula de Hielo	Valvula de Derivacion	Válvula Desviadora
Solo Chiller	Modulando remotamente con un set point de DP	Capacitado	Modula sobre el sistema con el set point de la temperatura de suministro	Modula sobre el flujo de del chiller para mantener un set point con mínimo DP	Completamente abierta con respecto a la carga del edificio
Descargas del Tanque solamente	Modulando remotamente con un Set point de DP	Apagado	Modula sobre el sistema con el set point de la temperatura de suministro	Cerrado	Completamente abierta con respecto a la carga del edificio
Descarga del Tanque y Chiller al mismo tiempo	Modulando remotamente con un Set point de DP	Capacitado con un setpoint de temperatura de límite de demanda o intervención de un operador	Modula sobre el sistema con el set point de la temperatura de suministro	Modula el DP del Chiller para mantener un mínimo setpoint de DP	Completamente abierta con respecto a la carga del edificio
Haciendo Hielo	Modulando con flujo para hacer Hielo utilizando DPT-1	Capacitado el Modo de Hacer Hielo	Modula sobre el sistema con el set point de la temperatura de suministro (100% con Hielo)	Cerrado	Completamente abierto el Bypass
Haciendo Hielo y Enfriar	Modulando con flujo para hacer Hielo utilizando DPT-1	Capacitado el Modo de Hacer Hielo	Modula sobre el sistema con el set point de la temperatura de suministro (100% con Hielo)	Cerrado	Modula al DPT-2 del Edificio arrancando en un setpoint mínimo
Apagado	Apagado	Apagado	Bypass del Hielo	Cerrado	Completamente abierto a las cargas del edificio



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

OTROS DISTRITOS DE ENFRIAMIENTO INTRAMURALES, EN COLOMBIA

SERENA DEL MAR:

En **Serena del Mar** se desarrollan proyectos que buscan darle a la región nuevas oportunidades residenciales, en salud, educación, entretenimiento, hotelería y negocios. El Distrito **distribuirá energía térmica** a los edificios que conforman este complejo comercial y residencial, entre estos el **Centro Hospitalario Serena del Mar** que requiere **altísimos niveles de confiabilidad**, los cuales son garantizados por el distrito.

Este Distrito atiende también el Centro Corporativo, 17 mil viviendas y una serie de complejos hoteleros y comerciales.

[<http://www.btconsultores.com.co/articulo-distrito-termico-serena-del-mar-cartagena>]



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**Φ ACADEMIA
CBG**

SERENA DEL MAR

Diseño y Construcción: DISTRITVM

Capacidad inicial: 3000 TR + 3000 TR / Final 24000 TR + 12000 TR.

Tipo: Combined Heat & Power (CHP) – Multi combustibles



Fuente: BT Consultores - Distritvm



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**Φ ACADEMIA
CBG**

OTROS DISTRITOS DE ENFRIAMIENTO INTRAMURALES, EN COLOMBIA

NUESTRA MONTERÍA (CELSIA):

Este distrito ya se encuentra en operación y climatiza los **34 mil m²** del **centro comercial**, sus 157 locales y los 10 mil m² que corresponden a zonas comunes, con un novedoso sistema de climatización, que mediante un proceso de cogeneración a partir de gas natural y energía solar enfría el agua que es distribuida por todo el centro comercial hasta las diversas unidades encargadas de entregar el aire acondicionado, a las zonas comunes o a cada uno de los establecimientos comerciales.

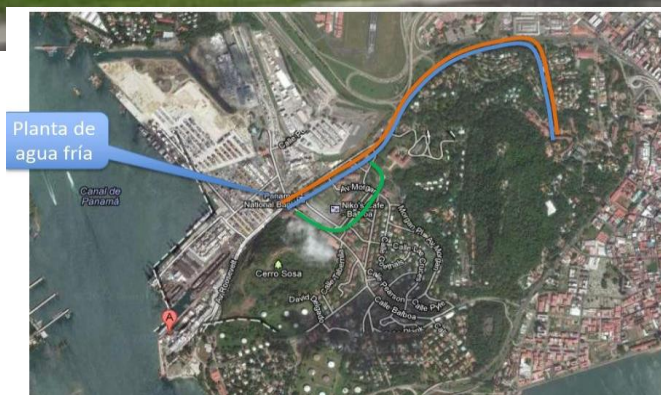
Fuente: <https://blog.celsia.com/sala-de-prensa/celsia-pone-operacion-su-primer-distrito-termico-colombia>



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

DISTRITO TÉRMICO DE PANAMÁ DESDE 1963



**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

Academia CBG

φ Camilo Botero G. | φ Mauricio Rojas

Presenta su Libro:

DISTRITOS TÉRMICOS DE ENFRIAMIENTO INTRAMURALES



Guía completa para diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas centrales de enfriamiento por agua para el logro de proyectos de Climatización de Máxima Eficiencia Energética y Mínimo Impacto al Medio Ambiente.

Camilo Botero G.



Ing. Mecánico - Universidad Nacional
M.Sc. en Ingeniería Térmica - Univ. Católica de Rio de Janeiro
Diseñador HVACR - Carrier International, Syracuse, N.Y. USA
57 años de ejercicio profesional, docente universitario y gremial a nivel nacional e internacional
cbg@cbgingeneria.com / 310 8315736

φ ACADEMIA
CBG

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**



**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL PERU**

**φ ACADEMIA
CBG**

**CAMILO BOTERO G.
INGENIERO CONSULTOR Y DOCENTE**

+57 3108315736
cbg@cbgingenieria.com

**1ER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE CLIMATIZACIÓN, VENTILACIÓN,
REFRIGERACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 3, 4 Y 5 SEPT/2025, LIMA (PERU)**