



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE 4 UNIDADES DE HUMECTACIÓN EN 4 CLIMATIZADORES DE LAS OFICINAS CENTRALES DE IFEMA MADRID

MEMORIA

Junio 2023

ÍNDICE

1.	DATOS BASICOS DEL PROYECTO.....	3
2.	OBJETO.....	3
3.	ALCANCE DE LOS SERVICIOS	3
4.	HUMIDIFICADOR A INSTALAR	7
5.	DATOS DEL EQUIPO SELECCIONADO	8
6.	CALCULO Y ESQUEMA DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	12
7.	PRESUPUESTO.....	21

1. DATOS BASICOS DEL PROYECTO

El presente documento forma parte del PROYECTO DE INSTALACIÓN DE 4 UNIDADES DE HUMECTACIÓN EN 4 CLIMATIZADORES DE LAS OFICINAS CENTRALES DE IFEMA MADRID.

La redacción del presente proyecto ha sido encargada por IFEMA MADRID con domicilio en Avda. de Partenón, 5, 28042 Madrid, a la sociedad Diseño y Tecnología Ingenieros Consultores. S.L.

Los documentos que integran el Proyecto son:

- MEMORIA
- PRESUPUESTO
- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

2. OBJETO

El objeto del presente proyecto es el de definir las acciones a llevar a cabo para la instalación de los nuevos humidificadores, adecuados al caudal nominal de los climatizadores existentes. Con ello se conseguirá, en el aire interior de las zonas tratadas por estos climatizadores, unas condiciones de humedad acordes con las indicadas en el RITE y conforme con las exigencias de la propiedad y de la normativa en vigor.

3. ALCANCE DE LOS SERVICIOS

3.1. ANTECEDENTES.

IFEMA MADRID dispone de un sistema de humectación que ya ha alcanzado el límite de su vida útil por lo cual se plantea su sustitución, empleando para ello equipos de nueva tecnología.

Para garantizar el confort de las personas en el interior del recinto y asegurar la salubridad y calidad del aire deben satisfacerse los siguientes criterios:

Respecto a condiciones de temperatura y humedad:

Época	Temperatura operativa (°C)	Humedad relativa (%)
Verano	23-25	45-60
Invierno	21-23	40-50

Según tabla 1.4.1.1 del RITE

En relación con la salubridad, se establece el parámetro de requerimientos de calidad de aire interior (IDA), cuyo valor varía entre 1 y 4 en función del tipo de edificio. Para el uso del edificio como oficinas, el RITE exige una calidad de aire IDA 2, aire de buena calidad.

Para cumplir estos requisitos se establece la cantidad de aire mínimo de ventilación que debe introducirse, así como los requerimientos de concentración de diferentes elementos contaminantes en el mismo, siendo de trasposición todo lo que aparece en la normativa específica UNE 13779.

Con el objeto de garantizar unas condiciones de humedad adecuadas dentro del recinto, se han analizado varias soluciones técnicas, con el fin de elegir la más idónea. Para ello, se han valorado criterios de costes totales (inversión, explotación y mantenimiento).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Se trata de un proyecto destinado a modificar los sistemas de humectación existentes, con el fin de sustituirlos por otros que cumplan las condiciones del RITE, y que cumplan con las exigencias de salubridad necesarias, para garantizar una atmosfera segura, libre de bacterias de la legionela.

El proyecto incluye, instalación de los equipos de humectación, instalación y puesta en marcha de los equipos de control, la obra civil, las conexiones eléctricas, las conexiones de control automático y de fontanería y saneamiento necesarias para los remates de las nuevas unidades, así como las instalaciones auxiliares de fontanería, saneamiento, electricidad y control automático necesarios para una completa instalación, hasta conseguir una puesta en marcha satisfactoria de los equipos

3.3. RELACIÓN UTAS Y EQUIPOS DE HUMECTACIÓN EXISTENTES.

A continuación, se detallan las características de los equipos de climatización instalados, así como los humidificadores que están instalados en los mismos, y los cuales se pretende sustituir.

Los equipos actualmente instalados son 4 UTAS, conformadas por un módulo de aire exterior, un módulo recuperador de flujo cruzado, un módulo de impulsión y otro módulo de retorno, con las siguientes características generales:

a) Módulo de aire exterior marca Koolair, modelo ACC-55, conformada por:

- Toma de aire exterior con compuerta de regulación de aire. Aunque el módulo está diseñado para poder trabajar con 100% aire exterior (58.390 m³/h), el caudal de aire exterior necesario calculado es de: 17.059 m³/h (4.738,61 l/s)
- Sección de filtros.
- Sección de batería de calentamiento de aire:
- Fluido: agua caliente (60/40 °C). Potencia de calentamiento de 123,76 kW

b) Módulo recuperador:

- Recuperador de calor estático de placas. Aunque el recuperador originalmente tenía un rendimiento de recuperación en invierno del 74,9 %, dado el tiempo que tiene, se considera una eficiencia de recuperación térmica del 50%.

c) Módulo de retorno marca Koolair, modelo AC-55, conformada por:

- Plenum con embocadura para la toma de aire de retorno.
- Sección de filtros.
- Sección de enfriamiento adiabático.
- Ventilador de 54.500 m³/h. potencia de 13,27 kW. Rendimiento: 67,68%.

d) Módulo de retorno marca Koolair, modelo AC-55, conformada por:

- Plenum con embocadura para la toma de aire de retorno.

- Sección de filtros.
- Sección de enfriamiento adiabático.
- Ventilador de 54.500 m³/h. potencia de 13,27 kW. Rendimiento: 67,68%.

e) Módulo de impulsión marca Koolair, modelo AFC-55, conformada por:

- Plenum con embocadura para la toma de la mezcla del aire de retorno y el aire exterior (tras haber pasado por el recuperador).
- Sección de filtros de bolsas.
- Antigua sección de humectación, desmantelada. Cuenta con un ancho interior de 2699 mm, alto interior de 2412 mm y una longitud total de 1.470 mm.
- Batería de enfriamiento. Fluido: agua fría (5/13 °C). Potencia de enfriamiento de 182,66 kW.
- Temperatura de impulsión de aire: 14,2 °C.
- Batería de calentamiento. Fluido: agua caliente (60/40 °C). Potencia de calentamiento de 258,55 kW. Temperatura de impulsión de aire: 28,8 °C.
- Ventilador de impulsión. Caudal de 54.410 m³/h. Potencia de 31,93 kW. Rendimiento: 85,38%.
- Humidificador de vapor existente averiado, con lanza de impulsión de vapor instalada en el conducto de impulsión. Humidificador marca Hygromatik, modelo Compact Line C22. Consumo eléctrico: 16,5 kW. El humidificador era insuficiente; pero no se instaló mayor ya que la instalación permitía un consumo adicional máximo de 20 kW. Esa limitación de consumo eléctrico sigue existiendo hoy en día.

3.4. CALCULOS Y SELECCIÓN DE LOS HUMIDIFICADORES

PARÁMETROS GENERALES DE CÁLCULO

Emplazamiento: Madrid

Condiciones de cálculo en invierno:

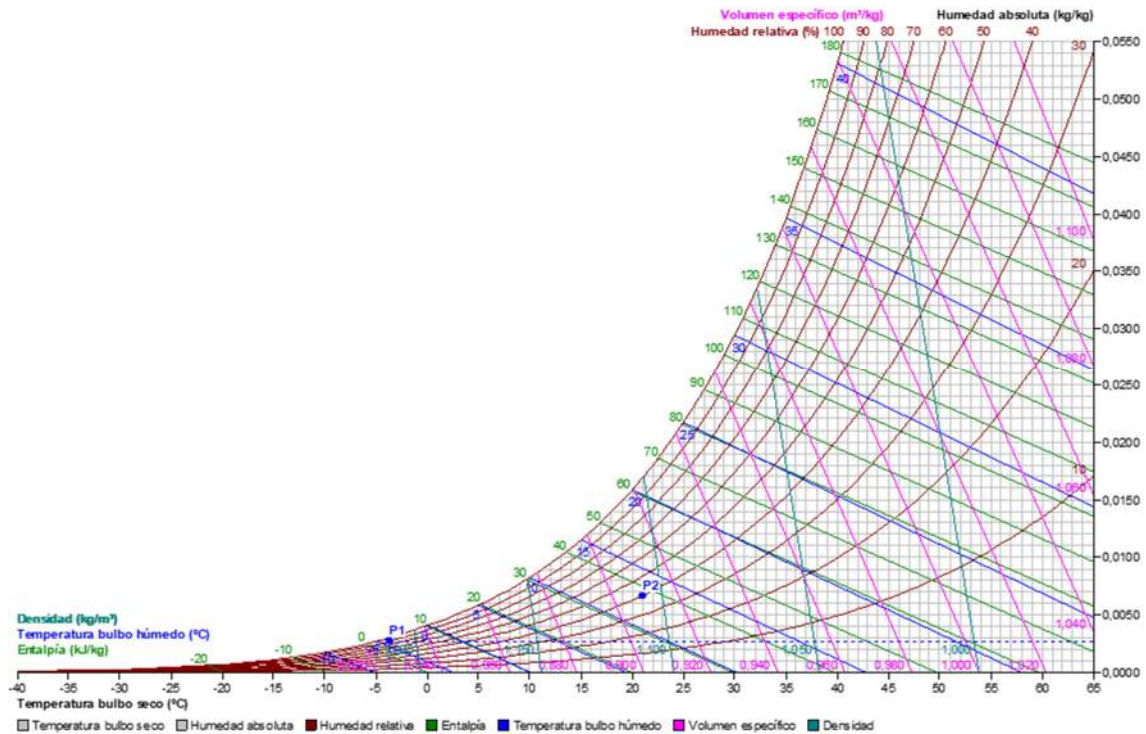
Latitud (grados):	40.3 grados
Altitud sobre el nivel del mar:	640,40 m.
Percentil para invierno:	97.5 %
Temperatura seca en invierno:	-3.70 °C
Humedad relativa en invierno:	90 %
Velocidad del viento:	4.4 m/s

Condiciones interiores, según el R.I.T.E.:

Temperatura seca interior:	21 °C
Humedad relativa:	40 %

A continuación, se muestran los puntos de cálculo en el ábaco psicrométrico, así como una tabla con los parámetros psicrométricos de los dos puntos P1 (aire exterior) y P2 (aire interior).

A partir de los datos de estos puntos se establecen los parámetros de diseño de los equipos de humidificación.



DATOS PSICROMÉTRICOS

P1		P2	
Temperatura bulbo seco	-3,7 °C	Temperatura bulbo seco	21,0 °C
Temperatura bulbo húmedo	-4,2 °C	Temperatura bulbo húmedo	12,9 °C
Punto de rocío	-4,9 °C	Punto de rocío	6,9 °C
Humedad relativa	90,0 %	Humedad relativa	40,0%
Humedad absoluta	0,0027 kg/kg	Humedad absoluta	0,0067 kg/kg
Entalpía	3,0 kJ/kg	Entalpía	38,0 kJ/kg
Densidad	1,212 kg/m ³	Densidad	1,107 kg/m ³
Volumen específico	0,828 m ³ /kg	Volumen específico	0,909 m ³ /kg
Presión	93864,6 Pa	Presión	93864,6 Pa
Caudal	4738,6 l/s	Caudal	4738,6 l/s

P1, condiciones exteriores de invierno
P2, condiciones interiores en invierno

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE LOS HUMIDIFICADORES

Altitud:	655 m.s.n.m.
----------	--------------

Presión atmosférica:	93,700 kPa
Caudal de aire exterior:	17.059 m ³ /h
Ancho interior UTA:	2.699 mm
Alto interior UTA:	2.412 mm

Condiciones exteriores:

Temperatura del aire exterior:	-3,7 °C
Humedad relativa del aire exterior:	90,0%
Humedad específica del aire exterior:	2,7 g/kg
Temperatura de consigna interior:	21,0 °C
Humedad relativa de consigna interior:	40,0%
Humedad específica de consigna interior:	6,7 g/kg

Incremento necesario de humedad:	6.7-2,7 = 4,0 g/kg
----------------------------------	--------------------

Densidad del aire:	1,1 kg/m ³
--------------------	-----------------------

Capacidad de humidificación necesaria: $17.059 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,1 \text{ kg}/\text{m}^3 \times (4,0 / 1000) \text{ kg}/\text{kg} = 75,06 \text{ kg}/\text{h}$

Los humectadores deben tener una **capacidad de producción de 75,06 kg/h.**

4. HUMIDIFICADOR A INSTALAR

En conformidad con los cálculos se propone el humidificador a instalar, se parte de la descripción de un equipo de mercado.

- Humidificador evaporativo de contacto.
- Sin recirculación de agua.

Humidificador evaporativo de agua directa de red con control de 5 etapas



Al ser agua directa de la red, el agua tendrá las condiciones de agua de consumo humano, no recirculando nada de agua, el agua sobrante no consumida en la evaporación para la humidificación del aire, caerá por gravedad hasta la bandeja de recogida que tendrá una caída suficiente (más del 2%) para evitar el estancamiento de agua y por consiguiente la proliferación de bacterias.

El control automático de etapas junto con el sistema (5 Etapas) permitirá optimizar el consumo de agua utilizando exclusivamente los circuitos necesarios en función de la demanda y la proximidad al set point programado. La regulación del caudal de agua será del tipo PID.

Esta opción, al no tener recirculación ni depósito de almacenamiento de agua, deberá de tener el mantenimiento propio de estos equipos, revisión y limpieza mensual, y un certificado de limpieza y desinfección 2 veces al año según el 487/2022, de 21 de junio, sobre prevención de legionelosis.

En Madrid capital, el agua de consumo que obtenemos de la red, presenta unas características típicas de una región de terreno granítico, por lo que existe una filtración natural, resultando un agua que apenas tiene contenido en sales minerales. La conductividad es muy baja (habitualmente entre 60 y 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C) y el pH suele estar comprendido como media entre aproximadamente 7 y 8,5. La baja concentración evita la sedimentación y ensuciamiento a corto plazo de los paneles.

El Canal de Isabel II utiliza cloraminas para desinfectar el agua en las ETAP. Debido a esto, en el agua de la red el nivel de cloro libre residual es cero, mientras que sí se detecta cloro combinado residual (aproximadamente entre 1-1,5 mg/l) con un efecto desinfectante más prolongado en el tiempo que el primero

No se prevé la instalación de un sistema de separación de gotas, ya que la velocidad de paso de aire en el módulo de humectación es baja, no siendo necesario el mismo.

5. DATOS DEL EQUIPO SELECCIONADO

Humidificador evaporativo de agua directa de red

- Humidificador adiabático con control por etapas, sin recirculación y alimentado por agua potable.
- Diseño compacto, ocupando únicamente 600 mm de sección de climatizador.
- El panel evaporador tiene alta capacidad, está fabricado en material inorgánico altamente humectable, provisto de un bastidor robusto en AISI 304, por lo que puede ser instalado en la UTA por el fabricante de esta y viajar instalado hasta la obra.
- Control electrónico mediante panel de control integrado.
- Paneles lavables y accesibles. El panel es altamente registrable y permite tanto su limpieza como su corroboración higiénica. Esto no es posible en paneles cerámicos rígidos porosos, en los que la accesibilidad al poro es altamente limitada

DATOS DE RENDIMIENTO DEL EQUIPO

Modelo: HEK - 2315 - 24

Marca: Klicon

Tipo de equipo: Humidificador adiabático de agua perdida con control PID para 5 etapas.

Datos técnicos del equipo

En todo/nada:

Altitud:

Presión atmosférica: 655 m.s.n.m.

Caudal de aire: 93,700 kPa

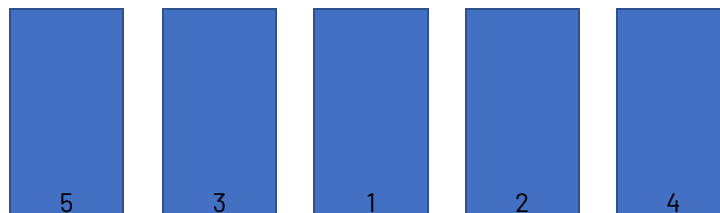
54.410 m³/h

Ancho interior UTA :	2.699 mm
Alto interior UTA:	2.412 mm
Temperatura de entrada:	17,9 °C
Humedad relativa entrada:	39,4 %
Humed. específica entrada:	5,43 g/kg
Temperatura de salida:	12,69 °C
Humedad relativa salida:	76,56 %
Humed. específica salida:	7,58 g/kg
Velocidad de aire:	3,33 m/s
Incremento de humedad:	2,15 g/kg
Densidad del aire:	1,1 kg/m ³
Capacidad humidificación:	140,33 kg/h
Enfriamiento adiabático:	5,21 °C
Potencia de enfriamiento:	95,62 kW
Agua perdida*:	140,33 kg/h
Agua total necesaria:	280,66 l/h
Pérdida de carga:	52,46 Pa
Ancho del equipo:	2.315 mm
Alto del equipo:	2.400 mm
Longitud de la sección:	600 mm
Eficiencia:	69,5 %



Por etapas (funcionando las necesarias para la humidificación del proyecto):

Detalle del sistema de etapas:



Etapa	5	3	1	2	4	Total
Porcentaje (%)	20	20	20	20	20	100
Evaporación (l/h)	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	140,33
Riego (l/h)	56,14	56,14	56,14	56,14	56,14	248,31

Agua desagüe (l/h)	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	140,33
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Para los 75,06 kg/h necesarios, funcionarán únicamente las etapas 1 a 3, con una capacidad total de 84,21 kg/h.

Regulación y Control

Tipo de regulación: Por etapas (5), mediante válvulas solenoides (4), regulación PID.

Gestión del agua:

- 1 válvula solenoide entrada de agua al colector de etapas y 1ª etapa
- 4 válvulas solenoides de control para las 4 etapas siguientes.
- El tubo de salida, drenaje de la bandeja de recogida, quedará libre para evitar acumulación de agua en la bandeja de sobrantes.

Panel de control local: Sistema a instalar (1 conjunto por humectador)

- Panel de control por etapas electrónico
- Sensor analógico de humedad en impulsión
- Sensor analógico de humedad en retorno

FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL LOCAL.

El panel de control realizará las funciones de control y regulación del sistema de humectación mediante las señales recibidas de los sensores de humedad, controlando los niveles de humedad programados en impulsión y retorno.

Integración BMS de IFEMA MADRID:

El sistema de control local se conectará al sistema de control de IFEMA mediante contactos DIGITALES libres de tensión.

El BMS de IFEMA. enviará una señal de permiso de funcionamiento al control Local y este se pondrá a trabajar con los parámetros set point rango de humedad, que se hayan configurado en el equipo local, para impulsión y retorno.

El control Local (Panel de Control), deberá de tener al menos 2 salidas digitales con el fin de enviar información del estado de funcionamiento del control de humedad o alarma por fallos que pudieran surgir.

Conexión eléctrica: 230V/1N/ 50Hz

Humedad retorno:

El control de humedad relativa de la unidad de tratamiento de aire se realiza a partir de la lectura de la humedad en el conducto de retorno, comparada con el punto de consigna de humectación programado mediante una función proporcional integral derivada (PID) se crea la demanda de humidificación, en caso de demanda positiva.

Modo Humectación:

El controlador local de la cada unidad a instalar dará actuación sobre el humectador para mantener una humedad de retorno o ambiente modificable por el usuario fijada en inicio en un punto de

consigna de 55% HR. La actuación estará limitada por la sonda de humedad en impulsión para evitar condensación en los conductos del climatizador, de manera que no sobrepase nunca el 80% HR.

SISTEMA BMS ACTUAL EN LA INSTALACION.

El BMS de la instalación, está dotado de un elemento de control de humedad en el conducto de retorno general de la unidad. Este sensor actualmente es el que envía la señal al controlador BMS informando que los parámetros se encuentran por debajo de los valores programados, para activar el modo de funcionamiento del sistema de humectación. Cuando la humedad programada es inferior a la medida en el aire de retorno, este cierra un contacto que se recibe en el BMS de control, Es entonces cuando el BMS enviara una señal digital al equipo de control local del humectador indicando la necesidad de conectar o desconectar la humectación.

El nuevo sistema de control local que se incluirá en este proyecto deberá de ser configurable en local, tendrá al menos 2 entrada digital y 2 salida digital que podrán utilizarse para enviar y recibir al BMS, información sobre la puesta en marcha o el estado del funcionamiento del humectador.

El sistema de control a instalar contara con dos sensores de humedad que se instalaran en cada equipo de climatización incluidos en este proyecto, 1(uno)en impulsión y 1(uno)en retorno. El sensor de impulsión será el encargado de controlar el grado de humedad máxima a la salida de aire con el fin de evitar exceso de humedad y condensación en los conductos de impulsión. El sensor de temperatura en el retorno general será el encargado de optimizar los valores de humedad en el aire de llegada y dar un nivel de seguridad adicional junto al equipo de control del BMS, evitando la saturación en el ambiente por fallos de alguno de los elementos.

Limitación humedad impulsión:

Una sonda de humedad colocada en la impulsión, y comparada con la consigna de limitación de máxima humedad de impulsión, genera una demanda negativa sobre la señal al humectador, cuando este está regulando para conseguir la consigna de humedad de retorno.

Balsa y bastidor

Materiales:	Tanto la balsa como el bastidor están contruidos en acero inoxidable AISI 304.
Toma de agua:	3/4"
Drenaje :	3/4"
Rebosadero:	3/4"
Presión entrada agua:	2 a 6 bar
Temperatura máxima:	20 °C
Calidad necesaria del agua:	Agua potable.

Sin ningún aditivo

Unidad evaporadora

Incluye: Paneles de evaporación GlasPad inorgánicos fabricados en fibra de vidrio y con bastidor en acero inoxidable AISI 304. Incombustible, de acuerdo a Euro Class A2-S2,-D0 y sin desprendimiento de partículas. Referencia: HEK-2315-2400-100-GP0560(SP450)-I-0-D-L

Los equipos, se instalarán completamente, y se realizarán las pruebas de puesta en marcha y funcionamiento, con la presencia de técnicos del fabricante, la DF y la propiedad.

La instalación se entregará legalizada.

Se consideran incluido el montaje en el interior del climatizador, del humidificador Klicon HEK. Anclajes y suportaciones de estructura en la UTA, remates de huecos entre estructura de paneles y pared de climatizadora dejando los registros necesarios para las labores de mantenimiento y reparación de los equipos.

Se incluye cuadro eléctrico de exterior protección mínima IP65 a la entrada de cada climatizador con diferencial y automático para la alimentación eléctrica y los elementos de control y regulación de humedad:

- Se incluirá 2 líneas canalización de tubo de acero desde el cuadro de control de cada climatizador hasta el cuadro general existente de zona (cuadrante) para la alimentación eléctrica y líneas de control.
- Se incluirá la línea de alimentación eléctrica de 3 x 2.5mm para la alimentación eléctrica de los cuadros de control.
- Se incluirá la manguera multipar con un mínimo de 10 hilos de 1,0 mm para las líneas de integración en el BMS de IFEMA MADRID.

Se incluyen los medios auxiliares de elevación, así como el desmontaje y montaje parcial de cubierta para la descarga de equipos de tratamiento de agua y humidificadores en la cubierta.

Los equipos se entregarán completamente probados y puestos en marcha, acompañados de los protocolos de puesta en marcha firmados y sellados.

Se consideran incluidos en el proyecto todos los costes derivados de:

- Ayudas de obra civil obra civil, albañilería, pintura, huecos en hormigón, pared.
- Pequeño material necesario para la instalación de los equipos (tornillería, amortiguadores, aislantes térmicos, etc.)
- Colocación y remates de pasa tubos y pasa conductos.
- Conexiones de puntos eléctricos de potencia.
- Planos, esquemas y fichas del fabricante.
- Instrucciones de mantenimiento preventivo
- Proyecto técnico y autorizaciones en la Consejería de Industria de la Comunidad de Madrid.
- Medidas de seguridad en las instalaciones del cliente, tanto medios fijos como móviles, sobre cubierta o cualquier otro.

6. CALCULO Y ESQUEMA DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

FÓRMULAS

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \text{Cos}\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\phi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = Pc / U \times \text{Cos}\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N^o de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

FÓRMULA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\text{max}} - T_0)(I/I_{\text{max}})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmios} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmios} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{Barras Blindadas} = 85^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

FÓRMULAS SOBRECARGAS

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables,

I_n es la intensidad de regulación escogida.

I2: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

FÓRMULAS COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA

$$\cos\theta = P/\sqrt{(P^2 + Q^2)}.$$

$$\operatorname{tg}\theta = Q/P.$$

$$Q_c = P(\operatorname{tg}\theta_1 - \operatorname{tg}\theta_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

θ_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

θ_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi f$; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); $c \times 1000000$ (μF).

FÓRMULAS CORTOCIRCUITO

$$* I_{k3} = ct U / \sqrt{3} (Z_0 + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = ct U / 2 (Z_0 + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = ct U / \sqrt{3} (2/3 Z_0 + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

I_{k3}: Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

I_{k2}: Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

I_{k1}: Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión. (Condiciones generales de cc según I_{kmax} o I_{kmin}), UNE-EN 60909.

U: Tensión F-F.

Z₀: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. S_{cc} (MVA) Potencia cc AT.

$$Z_0 = ct U^2 / S_{cc}$$

$$X_0 = 0.995 Z_0$$

$$R_0 = 0.1 X_0$$

UNE-EN 60909

ZT: Impedancia de cc del Transformador. Sn(KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$ZT = (ucc\%/100)(U^2 / Sn)$$

$$RT = (urcc\%/100)(U^2 / Sn)$$

$$XT = (ZT^2 - RT^2)^{1/2}$$

ZL,ZN,ZPE: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho L / S \cdot n$$

$$X = Xu \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (Ikmax se evalúa a 20°C, Ikmin a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

* Curvas válidas.(Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B

$$IMAG = 5 I_n$$

CURVA C

$$IMAG = 10 I_n$$

CURVA D

$$IMAG = 20 I_n$$

FÓRMULAS EMBARRADOS

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot Wy \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

Wy: Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = Kc \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{tcc})$$

Siendo,

I_{pcc}: Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs}: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

FÓRMULAS LMÁX

$$L_{\text{máx}} = 0.8 \cdot U \cdot S \cdot k_1 / (1.5 \cdot \rho_{20} \cdot (1+m) \cdot I_a \cdot k_2)$$

$L_{\text{máx}}$ = Longitud máxima (m), para protección de personas por corte de la alimentación con dispositivos de corriente máxima.

U = Tensión (V), $U_{ff} / \sqrt{3}$ en sistemas TN e IT con neutro distribuido, U_{ff} en IT con neutro NO distribuido.

S: Sección (mm^2), S_{fase} en sistemas TN e IT con neutro NO distribuido, S_{neutro} en sistemas IT con neutro distribuido.

k_1 = Coeficiente por efecto inductivo en las líneas, 1 $S < 120 \text{mm}^2$, 0.9 $S = 120 \text{mm}^2$, 0.85 $S = 150 \text{mm}^2$, 0.8 $S = 185 \text{mm}^2$, 0.75 $S \geq 240 \text{mm}^2$.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$C_{\text{Cu}} = 0.017241 \text{ ohmios} \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

$$C_{\text{Al}} = 0.028264 \text{ ohmios} \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

m = $S_{\text{fase}} / S_{\text{neutro}}$ sistema TN_C, $S_{\text{fase}} / S_{\text{protección}}$ sistema TN_S, $S_{\text{neutro}} / S_{\text{protección}}$ sistema IT neutro distribuido, $S_{\text{fase}} / S_{\text{protección}}$ sistema IT neutro NO distribuido.

I_a : Fusibles, I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5sg.

Interruptores automáticos, I_{mag} (A):

CURVA B $I_{\text{MAG}} = 5 I_n$

CURVA C $I_{\text{MAG}} = 10 I_n$

CURVA D $I_{\text{MAG}} = 20 I_n$

$k_2 = 1$ sistemas TN, 2 sistemas IT.

FÓRMULAS RESISTENCIA TIERRA

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t : Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c / 2\rho + L_p / \rho + P / 0,8\rho)$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L_c: Longitud total del conductor (m)

L_p: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

CE-HUMIDIFICADOR	600 W
TOTAL.....	600 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 600

- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 0.8: 0

- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 1: 0

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 600

- Potencia Fase S (W): 0

- Potencia Fase T (W): 0

Cálculo de la Línea: CE-HUMIDIFICADOR

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 22 m; Cos φ: 0.85; X_u(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 600 W.

- Potencia de cálculo:

600 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 600 / 230.94 \times 0.85 = 3.06 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (F_c=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.81

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 22 \times 600 / 53.62 \times 230.94 \times 2.5 = 0.85 \text{ V.} = 0.37 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.37\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$$

Protección Termica en Principio de Línea

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

SUBCUADRO

CE-HUMIDIFICADOR

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

CONTROL HUMIDIFICADOR	600 W
TOTAL....	600 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 600

Cálculo de la Línea: CONTROL HUMIDIFICADOR

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 3 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 600 W.

- Potencia de cálculo: 600 W.

$I=600/230.94 \times 0.85=3.06$ A.

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, El.Term.+Policlorop. Desig. UNE: H07RN-F Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.81

$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 600 / 53.62 \times 230.94 \times 2.5=0.12$ V.=0.05 %

$e(\text{total})=0.42$ % ADMIS (5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

CALCULO DE EMBARRADO CE-HUMIDIFICADOR

Datos

- Metal: Cu

- Estado pletinas: desnudas

- nº pletinas por fase: 1

- Separación entre pletinas, d(cm): 10

- Separación entre apoyos, L(cm): 25

- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 24
- Ancho (mm): 12
- Espesor (mm): 2
- Wx, lx, Wy, ly (cm³, cm⁴): 0.048, 0.0288, 0.008, 0.0008
- I. admisible del embarrado (A): 110

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 0.78^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.008 \cdot 1) = 79.384 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 3.06 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 110 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 0.78 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 24 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 5.57 \text{ kA}$$

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
CE-HUMIDIFICADOR	600	22	2x2.5+TTx2.5Cu	3.06	24	0.37	0.37	20

Cortocircuito

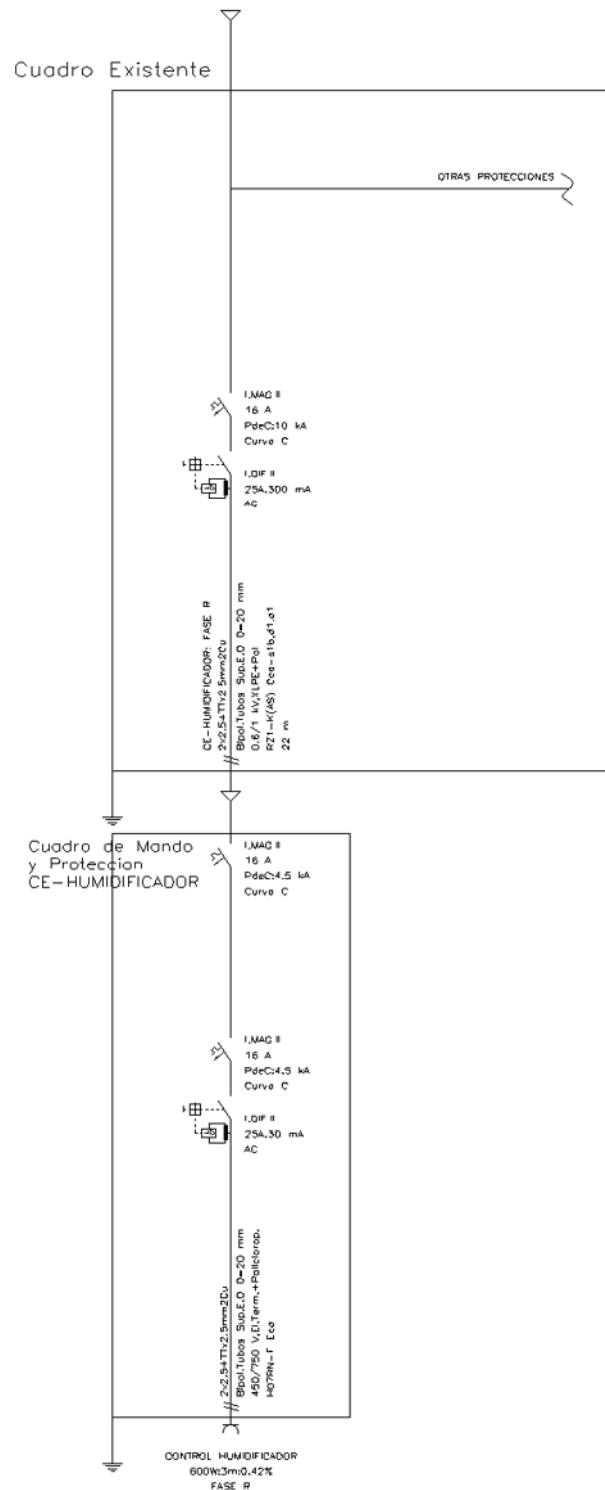
Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
CE-HUMIDIFICADOR	22	2x2.5+TTx2.5Cu	6	10 4.5	0.781	378.01	16;C 16;C		R

Subcuadro CE-HUMIDIFICADOR

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
CONTROL HUMIDIFICADOR	600	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.06	24	0.05	0.42	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
CONTROL HUMIDIFICADOR	3	2x2.5+TTx2.5Cu	0.781	4.5	0.69	332.86	16;C		R



7. PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
C01	HUMECTADORES	61.016,71 €
C02	PLAN DE RESIDUOS	861,02 €
C03	SEGURIDAD Y SALUD	1.478,02 €
C04	CALIDAD Y AYUDAS	3.432,60 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		66.788,35 €
13,00 % Gastos generales		8.682,49 €
6,00 % Beneficio industrial		4.007,30 €
SUMA DE G.G. y B.I.		12.689,79 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		79.478,14 €

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de **SESENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.**

En Madrid, 30 de junio de 2023

Fdo.:

Carlos Huerta Martín

Ingeniero Téc. Industrial