Treball de Fi de Grau/Màster

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Estudi de reducció de costs de material a una unitat de transport refrigerat

MEMÒRIA

Autor/a: Txomin Sánchez Torra
Director/a: Rubén Fernàndez Guinaliu
Co-director/a: Manuel López Rio
Ponent: Xavier Ramis Juan

Convocatòria: Juliol 2024

ETSEIB

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UPC

Resum

El projecte tracta sobre la transició d'una nova gamma de maquinària que serveix per a transportar mercaderies refrigerades, coneguda com a VX, per tal de substituir el model anterior, anomenat V. Malgrat que les VX són un 10% més costoses de produir que les anteriors, han tingut un èxit notable en el mercat. Això planteja el repte de mantenir la competitivitat, així com de reduir els costos de producció per mantenir o augmentar la rendibilitat.

Per abordar aquesta qüestió, l'empresa va organitzar un esdeveniment de productivitat que va reunir a molts membres de l'organització. Durant aquest esdeveniment, es va destacar la problemàtica detectada i es va demanar als empleats que col·laboressin en la generació d'idees per tal d'abordar-la. Després de recollir un gran nombre d'idees, es va dur a terme una classificació per a identificar aquelles que podrien conduir a estalvis significatius en la producció de les màquines de manera immediata.

La proposta seleccionada, coneguda com a ID2, consistia a canviar el proveïdor de la unitat condensadora amb microcanal. En lloc de continuar amb l'actual proveïdor, es va proposar utilitzar un altre que per mantenir la confidencialitat rep el nom de "PROVEÏDOR 1", ja conegut, ja que subministra diverses altres peces a la companyia.

El treball se centra en el procés de selecció de l'ID2 davant de tota la resta d'idees, i en tot el camí necessari a seguir per a la implementació d'aquest canvi a la fàbrica. Això inclou la generació i classificació d'idees durant l'esdeveniment de productivitat, tot el post procés necessari per a escollir l'ID2, així com els següents passos per avaluar, negociar, testejar i finalment implementar el canvi de proveïdor.

En resum, el treball aborda com una idea concebuda internament es transforma en una solució pràctica per afrontar els alts costos i la competitivitat de l'empresa.

Resumen

El proyecto trata sobre la transición de una nueva gama de maquinaria que sirve para transportar mercancías refrigeradas, conocida como VX, para sustituir al modelo anterior, llamado V. A pesar de que las VX son un 10% más costosas de producir que las anteriores, han tenido un éxito notable en el mercado. Esto plantea el reto de mantener la competitividad, así como reducir los costes de producción para mantener o aumentar la rentabilidad.

Para abordar esta cuestión, la empresa organizó un evento de productividad que reunió a muchos miembros de la organización. Durante este evento, se destacó la problemática detectada y se pidió a los empleados que colaboraran en la generación de ideas para abordarla. Tras recoger un gran número de ideas, se llevó a cabo una clasificación para identificar aquellas que podrían conducir a ahorros significativos en la producción de las máquinas de forma inmediata.

La propuesta seleccionada, conocida como ID2, consistía en cambiar al proveedor de la unidad condensadora con microcanal. En lugar de continuar con el actual proveedor, se propuso utilizar otro que para mantenir la confidencialidad, recibe el nombre de PROVEEDOR 1, ya conocido, ya que suministra otras piezas a la compañía.

El trabajo se centra en el proceso de selección del ID2 frente a todo el resto de ideas, y en todo el camino necesario a seguir para la implementación de este cambio en la fábrica. Esto incluye la generación y clasificación de ideas durante el evento de productividad, todo el postproceso necesario para escoger el ID2, así como los siguientes pasos para evaluar, negociar, testear y finalmente implementar el cambio de proveedor.

En resumen, el trabajo aborda cómo una idea concebida internamente se transforma en una solución práctica para afrontar los altos costes y la competitividad de la empresa.

Abstract

The project is about transitioning a new range of machinery which is used to transport refrigerated products, known as the VX, to replace the previous model, called the V. Although the VXs are 10% more expensive to produce than their predecessors, they have been successful notable in the market. This poses the challenge of maintaining competitiveness, as well as reducing production costs to maintain or increase profitability.

To address this issue, the company organized a productivity event that brought together many members of the organization. During this event, the detected problem was highlighted and employees were asked to collaborate in the generation of ideas in order to address it. After collecting a large number of ideas, a classification was carried out to identify those that could lead to significant savings in the production of the machines immediately.

The selected proposal, known as ID2, was to change the supplier of the microchannel condenser unit. Instead of continuing with the current supplier, it was proposed to use another one called SUPPLIER 1 to maintain the confidentiality, already known as it supplies several other parts to the company.

The work focuses on the process of selecting the ID2 against all other ideas, and on the entire path necessary to follow for the implementation of this change in the factory. This includes the generation and classification of ideas during the productivity event, all the post-process necessary to choose the ID2, as well as the next steps to evaluate, negotiate, test and finally implement the change of supplier.

In summary, the work addresses how an idea conceived internally is transformed into a practical solution to face the high costs and competitiveness of the company.

Contingut

RESUM 3

RESUMEN 4

ABSTRACT 5

CONTINGUT 7

GLOSSARI I NOMENCLATURA 10

LLISTAT DE FIGURES 11

LLISTAT DE TAULES 14

1. PREFACI 15

2. INTRODUCCIÓ 16

2.1. Motivació 16
2.2. Abast del treball 16
2.3. Requeriments previs 17
2.4. Objectius del treball 17

3. PART TEÒRICA O INTRODUCCIÓ TEÒRICA 18

3.1. Fonaments teòrics 18
3.1.1. CICLES DE REFRIGERACIÓ [2] 18
3.1.2. EL CONDENSADOR [5] 22
3.1.3. IMPORTÀNCIA DEL AIRFLOW [7] 23
3.2. Antecedents [8] [9] [10] 25
3.3. Estat de la qüestió 27
3.3.1. Condicions 27
3.3.2. Temperatura 27
3.3.3. Pressió 28
3.3.4. Prova de rendiment funcional 28
3.4. Estat de la ciència i la tecnologia (estat de l'art) [6] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] 29
3.4.1. Avantatges 29
3.4.1.1. Reducció de refrigerant i increment d'eficiència 29
3.4.1.2. Augment de l'àrea d'intercanvi 30
3.4.1.3. Acumulació i neteja de brutícia 30
3.4.1.4. Reducció de mida i pes 32
3.4.1.5. Canvi de material a 100% d'alumini 32

ETSEIB

3.4.2. Corrosió galvànica 33
3.4.3. Parts....33

4. METODOLOGIA I EQUIPAMENT (O EXPERIMENTAL) [18] 35

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ [18] 39

5.1. Esdeveniment de producció....39
5.1.1. Desglossament dels costos:....39
5.1.2. Comparativa de costos 41
5.1.3. Operativa de l'esdeveniment....42
5.1.3.1. Manera de treballar i agenda.... 43
5.1.3.2. Plantilla on expressar les idees 44
5.2. Post esdeveniment 44
5.2.1. Classificació de les idees 45
5.2.2. Selecció de les millors idees i orde d'implementació....48
5.3. Implementació....50
5.3.1. Negociacions amb el nou proveïdor....53
5.3.1.1. Problemàtiques que han sorgit [19].... 53
5.3.1.2. Pressupost 59
5.3.1.3. Resultats dels tests dels prototips 60
5.3.2. Futura entrada a producció 66

6. PLANIFICACIÓ 67

7. ESTUDI ECONÒMIC 69

8. ESTUDI AMBIENTAL 70

8.1. Tecnologia microcanal....70
8.1.1. Eficàcia de l'ús del refrigerant 70
8.1.1.1. Menor quantitat i pèrdues de refrigerant:.... 70
8.1.2. Eficiència energètica....70
8.1.2.1. Millora de l'eficiència tèrmica i reducció d'emissions de CO2:.... 70
8.1.3. Producció i materials....70
8.1.3.1. Ús de materials i reciclabilitat: 70
8.1.4. Longevitat i manteniment....71
8.1.4.1. Vida útil més llarga: 71
8.1.5. Càlcul de la reducció emissions de CO2....71
8.2. Reftrans – Thermo King [21]....72

9. ESTUDI SOCIAL I D'IGUALTAT DE GÈNERE 74

10. CONCLUSIONS 75

11. BIBLIOGRAFIA 76

Glossari i Nomenclatura

VAVE: Value Analysis & Value Engineering

TK: Thermo King

HVAC: Heating, Ventilation & Air conditioned

MCHE: Microchannel Heat Exchangers – microcanal

Tamb: Temperatura ambient

Tprod: Temperatura del producte

T&A: Tubs i aletes

GEH: Gasos d'efecte hivernacle

SOMI: Supplier Owned Managed Inventory Model

ROI: Retorn sobre la inversió

ISO: Organització Internacional de Normalització

GWP: Potencial d'escalfament global

Llistat de figures

Figura 1: Refrigerant [3] 18

Figura 2: Compressor 19

Figura 3: Condensador 19

Figura 4: Vàlvula d'expansió 19

Figura 5: Evaporador [4] 20

Figura 6: Cicle de refrigeració [2] 21

Figura 7: Esquema del cicle de les màquines [5] 22

Figura 8: Esquema del circuit d'un condensador amb microcanal 22

Figura 9: Representació temperatura i pressió en MCHE [6] 23

Figura 10: Airflow suposat [7] 23

Figura 11: Short-cycling [7] 24

Figura 12: Top-freezing [7] 25

Figura 13: Hot spots [7] 25

Figura 14: Condensador T&A [11] 26

Figura 15: Tubs d'un condensador T&A [6] 26

Figura 16: Flux d'aire condensador T&A [8] 27

Figura 17: Condensador MCHE [11] 29

Figura 18: Tubs d'un condensador MCHE [6] 30

Figura 19: Flux d'aire MCHE vs T&A [6] 30

Figura 20: Acumulació de pols MCHE vs T&A [8] 31

Figura 21: Rentat MCHE vs T&A [8] 31

Figura 22: Mida i pes MCHE vs T&A [8] 32

Figura 23: Representació aletes al MCHE [6] 33

Figura 24: Corrosió MCHE vs T&A [8] 33

Figura 25: Parts condensador amb MCHE [8] 34

Figura 26: Evolució maquinària V a VX 39

Figura 27: Plantilla d'idees preliminars esdeveniment 44

Figura 28: Plantilla d'idees definitives post esdeveniment 46

Figura 29: Plantilla classificació d'idees 46

Figura 30: Total d'idees 48

Figura 31: Gràfica Estalvis vs Categoria 49

Figura 32: Proposta primer escenari d'implementació 51

Figura 33: Proposta segon escenari d'implementació 51

Figura 34: Proposta tercer escenari d'implementació 52

Figura 35: Característiques dels condensadors de prova 53

Figura 36: Resultats dels tests de capacitat 54

Figura 37: Comparativa de suports 55

Figura 38: Disseny suport original 55

Figura 39: Disseny suport del "proveïdor 1" 56

Figura 40: Ancoratge del condensador al marc i a l'absorbidor de vibracions 56

Figura 41: Problemàtica en el muntatge del condensador 59

Figura 42: Suport original 59

Figura 43: Suport modificat 59

Figura 44: Evolució de la pressió amb el temps 60

Figura 45: Exemple de fallada en l'esclat de pressió 60

Figura 46: Exemple de condensador després de la corrosió 61

Figura 47: Disposició del condensador al túnel de vent 61

Figura 48: Rendiment del refrigerant [kW] vs Flux de massa de refrigerant [kg/h]..... 62

Figura 49: Metal·lografia tub-col·lector 62

Figura 50: Metal·lografia separador-col·lector 63

Figura 51: Metal·lografia acoblament del bloc 63

Figura 52: Metal·lografia suport..... 63

Figura 53: Caiguda de pressió [Pa] vs Pols injectada [g]..... 65

Figura 54: Partícula metàl·lica més llarga (2141 µm x 410 µm)..... 65

Figura 55: Partícula no metàl·lica més llarga (5049 µm x 492 µm)..... 65

Figura 56: Fibra més llarga (3215 µm) 66

Figura 57: planificació del treball 67

Llistat de taules

Taula 1: Condicions generals del contracte amb el “PROVEÏDOR ACTUAL” 27

Taula 2: Condicions de temperatura del contracte amb el “PROVEÏDOR ACTUAL”..... 27

Taula 3: Característiques del MCHE usat per la prova de rendiment del “PROVEÏDOR ACTUAL” 28

Taula 4: Tests de validació del condensador MCHE 35

Taula 5: Desglossament de preus V500X 40

Taula 6: Desglossament de preus V500..... 40

Taula 7: Comparativa preus V500 vs V500X..... 41

Taula 8: Planificació esdeveniment 43

Taula 9: Exemples de les categories..... 47

Taula 10: Nombre d’idees segons categoria 49

Taula 11: Nombre d’idees segons concepte 49

Taula 12: Nombre d’idees segons comoditat 50

Taula 13: Diferències entre condensadors 56

Taula 14: Mesures obtingudes a la prova de flux d’aire..... 61

Taula 15: Característiques de la prova d’obstrucció 64

Taula 16: Resultats de la prova d’obstrucció 64

Taula 17: Estudi econòmic 69

Taula 18: Resum de l'Empremta de Carboni del 2022 i Accions implantades per assolir la neutralitat en emissions GEH 72

1. Prefaci

Aquest treball de final de grau, té com a objectiu principal explorar el procés d'ideació dins d'una empresa amb l'objectiu d'estalviar-li diners a aquesta. En l'entorn empresarial és comú trobar-se amb la limitació de recursos i la necessitat de prioritzar les iniciatives a implementar. Per tant, es presenta un estudi sobre com es prenen les decisions per seleccionar i iniciar la implementació de les idees més prometedores.

Una vegada establert aquest ordre d'implementació, es requereixen negociacions i l'exploració d'alternatives viables per posar en pràctica els plans. Aquest procés pot veure's afectat per la burocràcia i la jerarquia empresarial, especialment en el context de companyies multinacionals, cosa que pot allargar significativament el temps d'execució dels projectes.

El projecte en qüestió va sorgir com a resposta a la introducció d'una nova línia de maquinària coneguda com a VX, destinada a suplir el model anterior, denominat V. Tot i que les màquines VX tenen un cost de producció d'aproximadament un 10% més al dels models anteriors, han demostrat que la seva implementació en mercat és rendible. Això presenta el repte de mantenir la competitivitat alhora que es redueixen els costos de producció per garantir o millorar aquesta rendibilitat.

Per tal d'abordar aquesta problemàtica, l'empresa va organitzar un esdeveniment de productivitat replegant diversos membres de l'organització. En aquest fòrum, es va posar de manifest la necessitat d'idees innovadores i es va sol·licitar la col·laboració dels empleats per generar solucions. Un cop recopilades diverses propostes, es va dur a terme una classificació per identificar aquelles que podrien conduir a estalvis significatius en la producció de les màquines en un futur immediat.

2. Introducció

El treball mostra tot el procés necessari a l'empresa TK per tal de reduir els costos de producció de l'empresa, fent ús de la metodologia VAVE, ja que aquesta te com a objectiu maximitzar el valor d'un producte eliminant costos innecessaris, mentre manté o millora les seves característiques [1]. L'amplitud del projecte va des de com sorgeix la idea de canvi, fins quan es veuen reflectits els estalvis, passant per tot el procés de selecció d'idees i per tota la solució de problemàtica que pot sorgir.

2.1. Motivació

La motivació d'aquest treball es basa en el meu desig no de veure aquest treball com a simplement completar una tasca acadèmica, sinó de vincular-lo amb els meus interessos personals. Vaig tenir la sort de trobar una oportunitat ideal a l'empresa TK, especialitzada en el transport refrigerat, on encara estic realitzant les meves pràctiques curriculars. Allà, em van proposar treballar en un projecte relacionat en un àmbit que em crida molt l'atenció: formar part de l'equip d'enginyeria VAVE en el sector d'automoció.

El meu paper a l'empresa implica col·laborar en l'avaluació i optimització de les màquines utilitzant eines de modelatge en 3D, per tal de brindar una visió detallada dels canvis realitzats i de les possibles problemàtiques que puguin sorgir. Vaig decidir centrar el meu treball de fi de grau en aquest projecte específic, ja que representa una part significativa de la meva activitat diària a l'empresa.

Aquesta experiència ha estat molt enriquidora, ja que em permet dedicar temps al treball tant de la meva jornada laboral com de la meva realització de recerca individual.

2.2. Abast del treball

L'abast d'aquest projecte, com ja s'ha explicat anteriorment, se centra en la reducció de costos de materials de producció de l'empresa, però com constantment van apareixent nous projectes de menor o major complexitat per aconseguir reduir aquests costos, només ens centrarem en un projecte anomenat ID2 que s'explicarà més endavant. Consisteix a canviar de proveïdor una part important de les màquines VX, el condensador. Aquesta peça la proporciona l'empresa "proveïdor actual", i la intenció és canviar al proveïdor de moltes altres peces, "proveïdor 1".

El contingut del treball pretén mostrar al lector quin és el procés a seguir a l'empresa Thermo King per tal d'aconseguir l'objectiu de reduir costos de material, utilitzant una metodologia de VAVE, per aconseguir això, s'explica des del moment en què sorgeixen les idees fins al moment en què s'implementen.

2.3. Requeriments previs

Abans de llegir el contingut del treball, és interessant que el lector conegui una mica les jerarquies de l'empresa per tal de tenir una idea de per què sorgeixen tots els inconvenients administratius i retards interns.

L'empresa Thermo King, és una empresa multinacional estesa per tot el món, aquesta té les seves pròpies sucursals i a part d'això, té convenis amb altres empreses per tal que s'ocupin del seu mercat i facin de distribuïdors dels seus productes. Una d'elles, és la planta de Thermo King Barcelona, Reftrans.

Per altra banda, Thermo King forma part d'una família més gran d'empreses, el pare de la qual és Trane Technologies que ven productes de refrigeració de tota mena, i Thermo King és la part encarregada de vendre productes de transport refrigerat.

Per tant, Reftrans forma part de Thermo King, que alhora forma part d'una empresa molt més gran, Trane tecnologies. Un cop s'entén això, és lògic adonar-se del fet que per poder implementar un canvi relativament gran en aquesta oficina, com la idea del canvi de proveïdor per als condensadors MCHE, s'han de rebre moltes aprovacions que venen de gent superior que no està vivint tant el dia a dia d'aquella planta en particular.

2.4. Objectius del treball

L'objectiu general del treball, és mostrar el procés necessari per aconseguir reduir els costos de producció de tota una gamma de màquines, una manera d'aconseguir-ho és costejant la llista de components de cada màquina per poder veure el cost de cadascun d'aquests i així reduir els costos a poc a poc, component a component.

Els objectius particulars serien els següents:

- Estudi detallat dels costos del llistat de components de les màquines
- Esdeveniment de pluja d'idees per tal d'aconseguir l'objectiu principal
- Selecció de les idees a implementar i l'ordre d'implementació
- Negociacions, tests i comparativa d'alternatives per a poder implementar aquesta idea

3. Part teòrica o introducció teòrica

3.1. Fonaments teòrics

3.1.1. CICLES DE REFRIGERACIÓ [2]

Per tal d'entendre bé el projecte, és important que el lector tingui una petita base sobre els cicles de refrigeració, ja que les màquines que es venen a TK s'encarreguen bàsicament d'això. De mantenir el tràiler on es transporta el producte desitjat, a la temperatura necessària, l'aplicació d'aquestes màquines es focalitza sobretot en el transport de productes alimentaris o medicaments.

La refrigeració és la transferència de calor d'un lloc on no es necessita a un altre on no importa cedir-lo, coneixem el fred com a l'absència de calor, per això, per a mantenir un lloc fred hem d'extreure la calor d'aquest.

En un cicle de refrigeració real, normalment s'han d'instal·lar més elements dels essencials, ja que mai es treballa en condicions ideals i així poder allargar la vida útil del compressor usat al cicle, però a un cicle de refrigeració bàsic o ideal, és necessari l'obtenció dels següents 5 components:

- Refrigerant:

  Fluid que viatja per dins de les canonades del nostre circuit, la seva composició química li permet absorbir o alliberar la calor necessària segons es necessiti.

Figura 1: Refrigerant [3]

- Compressor:

  Es podria descriure com el cor del circuit, és l'encarregat de moure i fer circular el refrigerant per tot el circuit i que aquest pugui patir els canvis d'estat necessaris.

  És indispensable que aquest estigui situat fora del lloc que volem refredar.

  Observem 2 funcions principals:

- Succionar el refrigerant a baixa pressió i temperatura
- Comprimir el refrigerant per tal d'expulsar-lo a alta temperatura i pressió

Figura 2: Compressor

- Condensador:

Part del circuit encarregada d'alliberar la calor extreta des de l'evaporador cap al medi ambient.

Figura 3: Condensador

- Vàlvula d'expansió:

Les seves dues funcions fonamentals són:

- Control del caudal del refrigerant en estat líquid que ingressa a l'evaporador
- Proporcionar la diferència de pressió entre els dos costats, el d'alta i el de baixa.

Figura 4: Vàlvula d'expansió

- Evaporador:

Normalment, és conegut com a congelador, ja que és el lloc on es produeix el fred. És l'inici de la secció de baixa pressió. Part encarregada d'absorbir la calor de dins de l'espai a refredar causant l'evaporació del refrigerant, i per això, és vital que aquest

estigui situat dins del recipient a refrigerar.

Figura 5: Evaporador [4]

El cicle de refrigeració d'aquestes màquines, bàsicament s'encarrega de transportar la calor no desitjada de dins del tràiler cap a l'exterior d'aquest.

L'evaporador del sistema consisteix en una sèrie de tubs que contenen refrigerant líquid fred, el qual té la funció d'absorbir la calor no desitjada de l'aire ambient dins del compartiment que volem refredar. En sortir de l'evaporador, el refrigerant ha passat de l'estat líquid a ser un gas de baixa pressió, ja que ha absorbit aquesta energia tèrmica. Aquest gas, ara calent i de baixa pressió, viatja pel circuit fins a arribar al compressor, on és comprimit. Això fa que el refrigerant es converteixi en un gas d'alta pressió i elevada temperatura. Tot i això, en aquest punt, encara no s'ha eliminat la calor del compartiment, sinó que s'ha transferit al refrigerant.

El compressor impulsa aquest gas calent i comprimit cap al condensador, ubicat sempre a l'exterior del compartiment i exposat a un corrent d'aire ambient fresc. Aquest corrent d'aire té la funció d'eliminar la calor acumulada pel refrigerant mentre viatja pel condensador. A mesura que el refrigerant recorre el condensador, la seva temperatura disminueix fins a tornar a l'estat líquid.

L'última fase del cicle té lloc quan el refrigerant líquid passa a través de la vàlvula d'expansió, que regula el flux que entra a l'evaporador i redueix encara més la pressió del refrigerant fins a aconseguir la temperatura necessària desitjada per refredar o congelar el contingut del compartiment. Un cop el líquid arriba a l'evaporador, el cicle es reinicia i es repeteix de forma contínua.

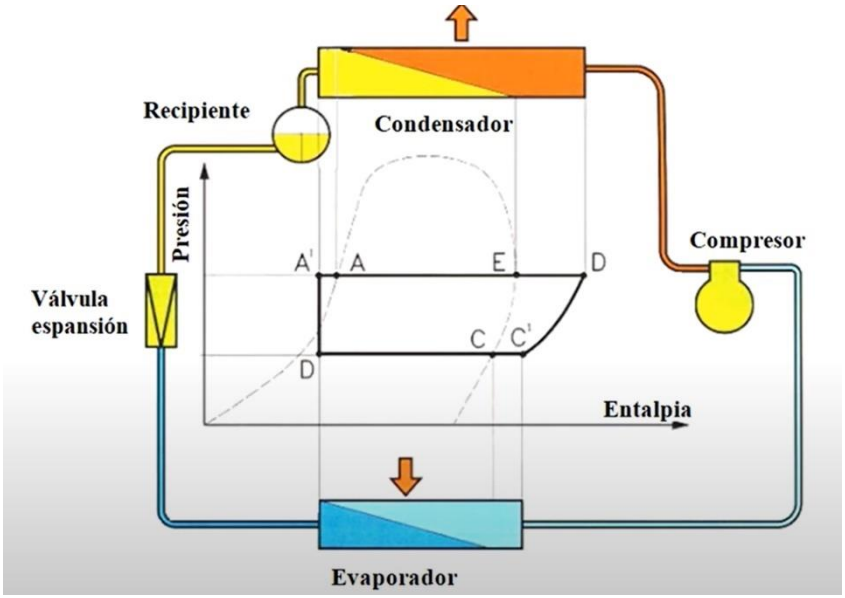

Figura 6: Cicle de refrigeració [2]

Com ve es veu, el compressor i la vàlvula d'expansió separen el circuit en baixa i alta pressió, mentre que l'evaporador i el condensador el separen en estats líquid i gasos.

També es pot observar el diagrama de Mollier on queda representada la pressió del refrigerant en funció de l'entalpia d'aquest. Es poden destacar uns quants aspectes d'aquest gràfic:

- Es pot observar una espècie de campana, que separa el gràfic, a l'esquerra d'aquesta, el refrigerant és líquid, a la dreta, vapor i dins és una mescla dels dos.
- La línia horitzontal que va des de D fins a C' (d'esquerra a dreta), representa la pressió de l'evaporador (la baixa), i alhora representa la temperatura d'aquest, que va completament lligada a la temperatura que es desitja que estigui el producte a transportar (Tprod).
- La línia horitzontal que va des de D fins a A' (de dreta a esquerra) representa la pressió del condensador (l'alta), i alhora representa la temperatura d'aquest, que va lligada a la temperatura ambient (Tamb).
- Per poder escollir un bon equip de refrigeració, només caldria conèixer les següents característiques:
    - Tamb
    - Tprod
    - Refrigerant
    - Capacitat frigorífica necessària

3.1.2. EL CONDENSADOR [5]

El funcionament del condensador a un sistema de refrigeració, és refredar i condensar el vapor provinent del compressor, això ho aconsegueix reduint la temperatura del fluid refrigerant que ha arribat a ser gasós, i fent-lo recircular pel circuit, gràcies a l'intercanvi de calor amb l'aire ambient humit. Aquesta interacció es veu reflectida en una reducció de la pressió del refrigerant i un canvi d'estat a líquid d'aquest, per altra banda, l'aire que travessa el condensador passa de ser fred i humit a calent i sec, això pot causar que es generin algunes gotes d'aigua, punt a tenir en compte a l'hora de la instal·lació per tal que no caiguin dins el sistema.

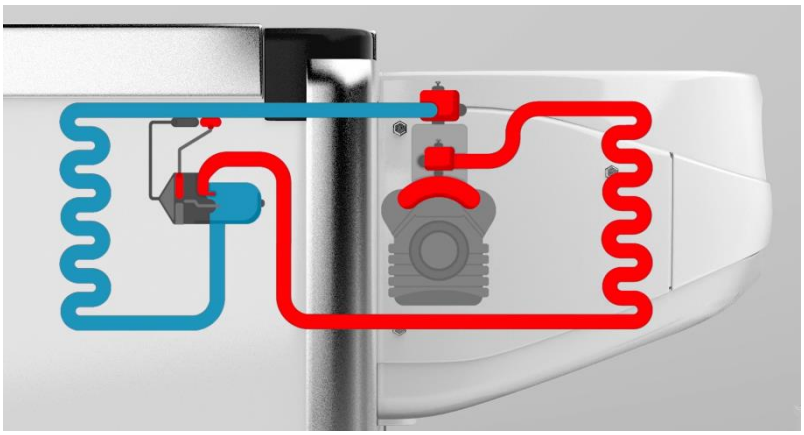

Figura 7: Esquema del cicle de les màquines [5]

A continuació, Observem el circuit que recorre el refrigerant dins d'un condensador de tecnologia MCHE, aquests s'acostumen a dissenyar amb múltiples passades, de tal manera que tenim uns fluxos paral·lels, amb menys tubs a cada pas successiu. Això, es deu al fet que el fluid com a vapor, normalment ocupa més que en estat líquid, i per això van disminuint. A la segona imatge es pot observar d'una manera més clara la reducció de pressió i temperatura

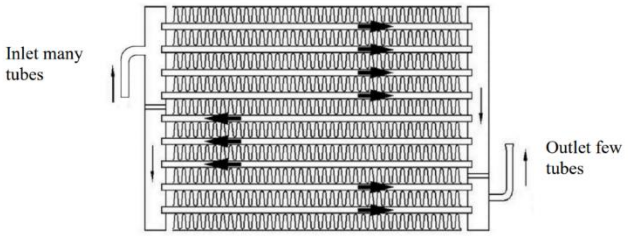

Figura 8: Esquema del circuit d'un condensador amb microcanal

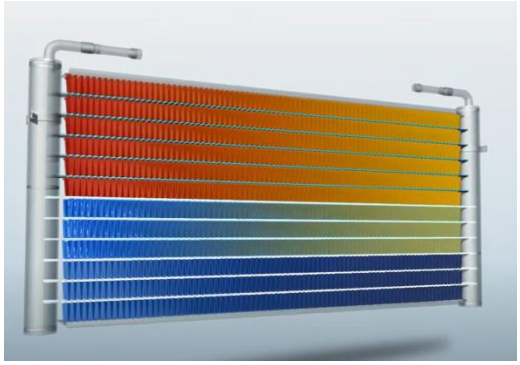

Figura 9: Representació temperatura i pressió en MCHE [6]

3.1.3. IMPORTÀNCIA DEL AIRFLOW [7]

Un altre aspecte important a transmetre al lector és l'airflow dins del camió, ja que si no és bo, la càrrega pot sofrir molts danys.

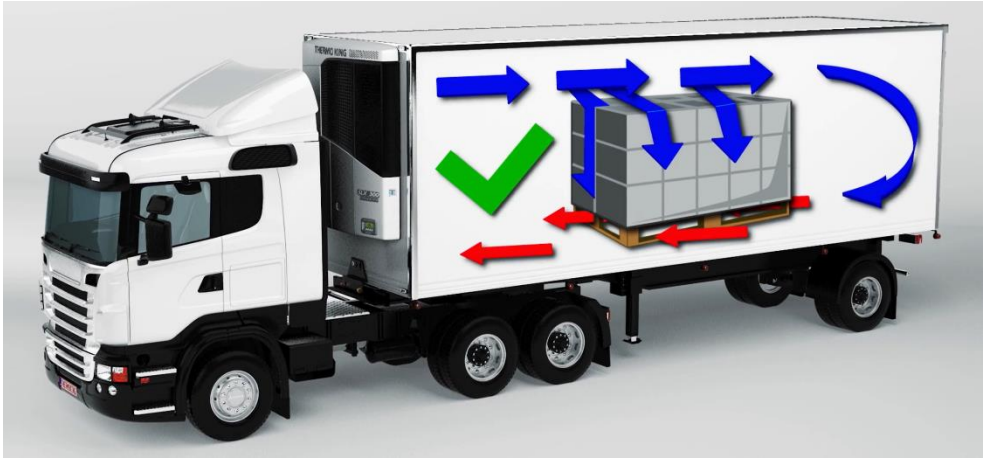

Figura 10: Airflow suposat [7]

L'aire fred que circula per l'interior del cos del remolc pren la calor de la teva càrrega i la transporta fins al sistema de refrigeració, que la transferirà a l'exterior. D'aquesta manera, els productes es mantenen refrigerats.

Una temperatura constant dins del remolc refrigerat és essencial per garantir que la càrrega es mantingui en condicions òptimes durant tot el viatge. L'aire que circula a l'interior del remolc permet mantenir una temperatura uniforme, i per això és important tenir una bona circulació d'aire.

Aquí tens algunes recomanacions per assegurar que les solucions TK funcionin al màxim rendiment:

1. Minimitza les obertures de les portes:

La durada i el nombre d'obertures de les portes són importants, ja que l'aire calent i la humitat poden entrar al remolc mentre l'aire fred surt.

Les cortines d'energia TK són una solució econòmica i estalviadora d'energia per mantenir la temperatura interior del camió.

Amb els interruptors electrònics de les portes, la unitat es pot apagar quan es detecta una obertura de la porta per estalviar energia i combustible.

2. Embalatge correcte:

Assegura't que les càrregues estiguin embalades correctament per garantir prou espai d'aire i evitar restriccions de la circulació d'aire.

Empaquetar incorrectament pot provocar problemes de control de la temperatura i punts calents dins del remolc.

3. Apilar sobre palets:

Empilar la càrrega sobre palets per permetre una millor circulació d'aire.

Un terra net sense obstacles assegura una circulació d'aire sense restriccions.

Una càrrega mal embalada pot provocar problemes com

- "short-cycling": s'ocasiona quan tenim una circulació d'aire incompleta.

Figura 11: Short-cycling [7]

- "top-freezing": poden sorgir danys per gel si la càrrega es col·loca massa a prop de l'evaporador.

Figura 12: Top-freezing [7]

- “hot spots”: acostumen a diferenciar-se temperatures desiguals quan la càrrega es posa massa cap al final del camió.

Figura 13: Hot spots [7]

Els canals de distribució d’aire TK distribueixen l’aire de manera uniforme des de la sortida de descàrrega per tota la càrrega i alhora mantenen la càrrega a la temperatura òptima.

Cal recordar que una bona circulació d’aire és crucial per a un rendiment òptim de la refrigeració i una cadena de fred ininterrompuda.

3.2. Antecedents [8] [9] [10]

Durant molts anys, la indústria de la refrigeració HVAC, ha utilitzat una tecnologia per als condensadors en la qual el fluid refrigerant passava a través d’uns tubs de coure, aquesta tecnologia s’anomenava de tubs i aletes (T&A), i l’aire ambient intercanvia calor amb el fluid a través d’aquests tubs.

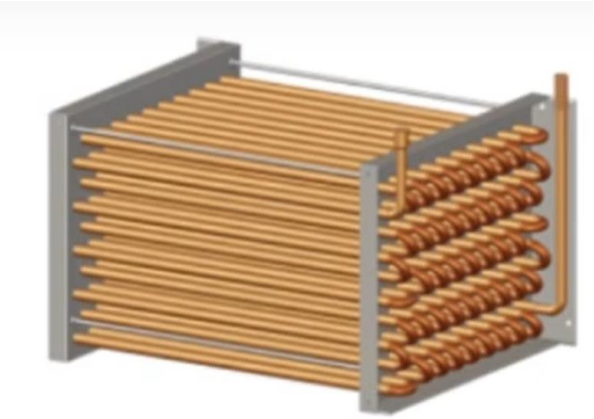

Figura 14: Condensador T&A [11]

Figura 15: Tubs d'un condensador T&A [6]

Com es pot observar a les figures superiors, aquests tubs són rodons, en ells el refrigerant que està en contacte amb les parets del tub pateix un bon traspàs d'energia amb l'exterior, però el refrigerant que queda al centre del tub, com que no està en contacte amb aquestes, no queda sotmès a un intercanvi de calor òptim. Per això, es va canviar a la tecnologia del microcanal (MCHE), per tal d'aconseguir una major eficiència energètica.

També es va trobar que amb la tecnologia de tubs i aletes, no hi havia una bona transferència de calor no només per culpa de què el refrigerant no estava en contacte amb les parets, sinó també a causa que els tubs eren rodons.

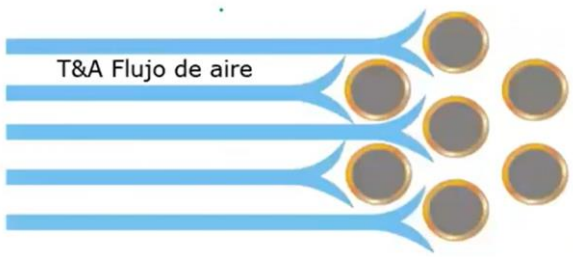

Figura 16: Flux d'aire condensador T&A [8]

A la figura anterior, es veu com l'aire travessa aquests tubs d'una manera una mica caòtica, i acaba causant que hi hagi parts dels tubs que no pateixin un bon intercanvi.

3.3. Estat de la qüestió

Actualment, l'empresa TK té un contracte amb l'empresa "proveïdor actual" signant que és l'encarregada de subministrar els condensadors de tecnologia MCHE per a les màquines VX.

El condensador fabricat per "proveïdor actual", està fet per treballar en una sèrie de característiques les quals TK ha acceptat.

3.3.1. Condicions

Taula 1: Condicions generals del contracte amb el "PROVEÏDOR ACTUAL"

Tipus de refrigerant	R452A / R440A / R134a
Tipus d'oli	POE Solest 35 / Solest 120 / HAF68D1
Sobreescalfament a l'entrada del condensador	< 60 K
Subrefredament	0 – 10 K
Cabal de refrigerant	< 300 kg/h
Pressió d'entrada del refrigerant	8-30 bar

3.3.2. Temperatura

Taula 2: Condicions de temperatura del contracte amb el "PROVEÏDOR ACTUAL"

Tamb en "off state"	-40ºC / +60ºC

Tamb en “run state”	-30ºC / +55ºC
Temperatura del refrigerant per a un funcionament prolongat	< 100ºC

3.3.3. Pressió

La pressió de treball normal del refrigerant ha d’estar entre 15 i 23 bars, arribant com a molt fins a un màxim de 28 bars en condicions normals.

3.3.4. Prova de rendiment funcional

A causa de les limitacions de mida física per poder executar la prova, es va crear un estàndard de mida similar, però més petit tal com es defineix a la taula següent, per a les proves de rendiment.

Taula 3: Característiques del MCHE usat per la prova de rendiment del “PROVEÏDOR ACTUAL”

Descripció del condensador: Àrea efectiva: 942.6 x 208.8 x 23.4 mm Tubs: 1.4 x 23.4 x14 port; 22 tubs actius (15-7) Aletes: 7.64 x 23.4; 2.3K gruix d’aleta					
Temperatura d’entrada d’aire, ºC	30				
Temperatura d’entrada del refrigerant, ºC	90				
Subrefredament, K	4				
Refrigerant	R134a				
Pressió d’entrada (abs), kPa	1230				
Velocitat de l’aire, m/s	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50
Transferència de calor, kW	5,54	6,93	8,14	9,23	10,21
Caiguda de pressió de l’aire, Pa	38,84	57,88	78,80	101,79	127,55
Caiguda de pressió del refrigerant, kPa	19	29	39	51	61

Flux mitjà de sortida de refrigerant, kg/h	95,18	118,88	139,08	157,38	173,61

Aquests resultats són utilitzats per poder comparar-los amb els que es realitzen al laboratori de TK o si és necessari a alguna empresa externa, amb les mides i condicions de funcionament reals.

3.4. Estat de la ciència i la tecnologia (estat de l'art) [6] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17]

Actualment, la ciència del HVAC s'ha decantat per la utilització de la tecnologia del MCHE per als condensadors.

3.4.1. Avantatges

Aquesta tecnologia es basa a canviar els tubs de coure de grans dimensions que es portaven utilitzant, per unes "plaques" d'alumini amb uns forats petits a través d'elles, els gruixos d'aquests són altament inferiors, el que sí que es conserva són les aletes.

3.4.1.1. Reducció de refrigerant i increment d'eficiència

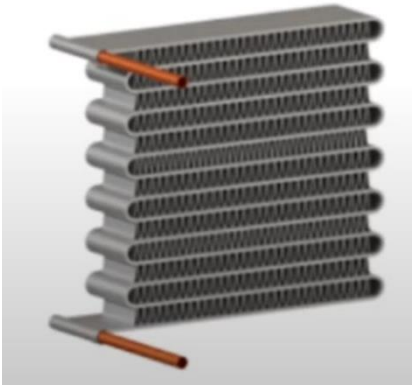

Figura 17: Condensador MCHE [11]

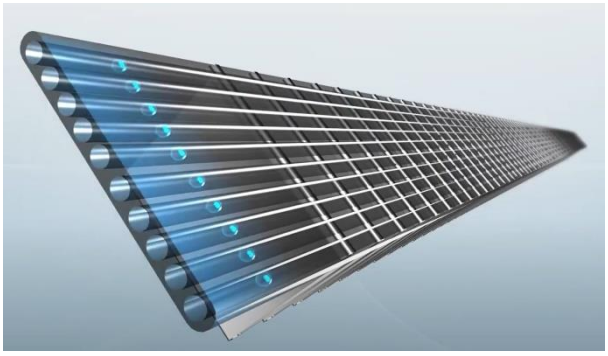

Figura 18: Tubs d'un condensador MCHE [6]

A la figura anterior s'observa aquesta nova tecnologia, es veu el pas del fluid a través d'aquests microcanal. Com que els forats són molt més petits, passa una quantitat molt inferior de refrigerant, i causa que la transferència de calor sigui molt major ja que com no passa tan refrigerant pels tubs és més fàcil que aquest intercanviï calor. Aquest increment d'eficiència, es veu reflectit en una reducció d'entre un 30 i 70% de refrigerant a part d'altres avantatges que es comentaran a continuació.

3.4.1.2. Augment de l'àrea d'intercanvi

El segon avantatge del MCHE, és que la forma allargada i estreta que presenta, permet que l'aire travessi el condensador tota l'estona en contacte amb els tubs, i alhora, no existeixi una separació de la capa límit d'aire com passa als tubs de coure rodons que s'empraven anteriorment, causant que una part del tub no rebi cap contacte d'aire i, per tant, no intercanviï calor amb l'exterior.

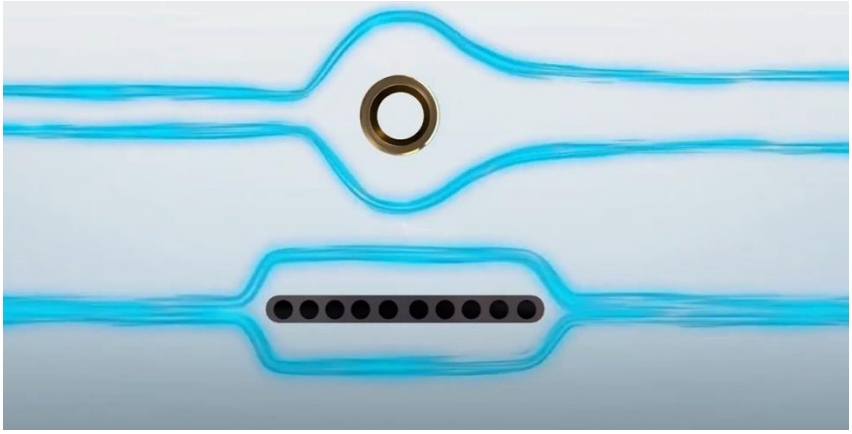

Figura 19: Flux d'aire MCHE vs T&A [6]

3.4.1.3. Acumulació i neteja de brutícia

Com ja se sap, a l'aire viatgen partícules de brutícia que van quedant acumulades al condensador perquè l'aire passa a través d'aquest. En els condensadors, la brutícia tendeix a acumular-se als tubs.

Amb l'anterior tecnologia de T&A, aquestes partícules a poc a poc anaven entrant molt endins del condensador, ja que aquest tenia unes mides més grans i, per tant, era més profund. Normalment, aquests condensadors tenen com a mínim dues files de tubs, de tal manera que quan aquest es netejava no s'aconseguia treure del tot la brutícia d'entremig d'aquestes files. Això causava una pèrdua d'eficiència del condensador i el risc de causar desperfectes a la peça a l'hora de netejar-la.

Per altra banda, amb la nova tecnologia de MCHE s'aconsegueix una profunditat de la peça molt inferior, i l'avantatge que la geometria d'aquests condensadors ajuda a reduir l'acumulació de porqueria.

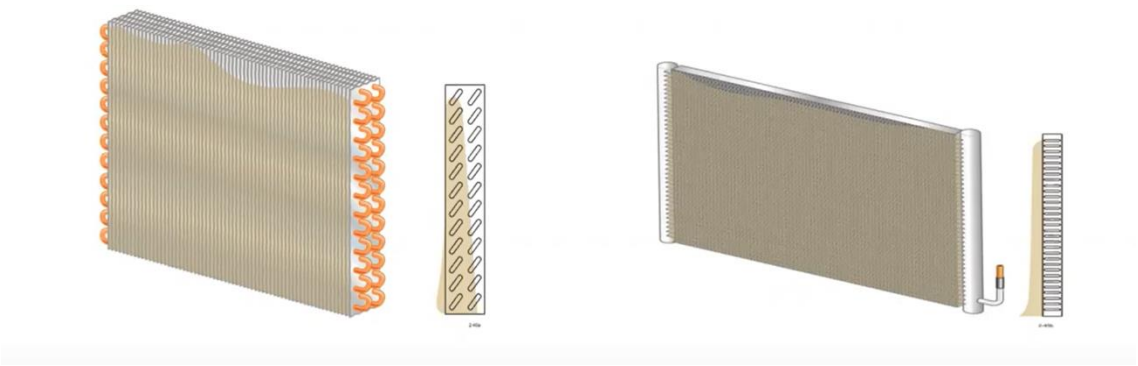

Figura 20: Acumulació de pols MCHE vs T&A [8]

Com es pot veure a la figura anterior, amb la tecnologia MCHE la porqueria queda a la superfície del condensador i no a l'interior.

Per a netejar els condensadors de MCHE hi ha tres recomanacions:

1. Netejar el condensador quan el sistema està apagat, i evitar fer-ho durant les hores del migdia per tal d'evitar canvis bruscos en la temperatura del refrigerant perquè això pot causar pèrdua d'eficiència. Aquesta recomanació és per a tota mena de condensadors, siguin T&A o MCHE.
2. Per netejar els condensadors de tecnologia MCHE, és important respectar la direcció de les aletes, si es fa perpendicular a aquestes, reduïm el risc de deflactar alguna d'elles.
3. Netejar amb aigua a pressió o un aspirador, en cas que sigui necessari una neteja més exhaustiva, es pot utilitzar sabó i un raspall suau. Mai utilitzar productes que no siguin sabó.

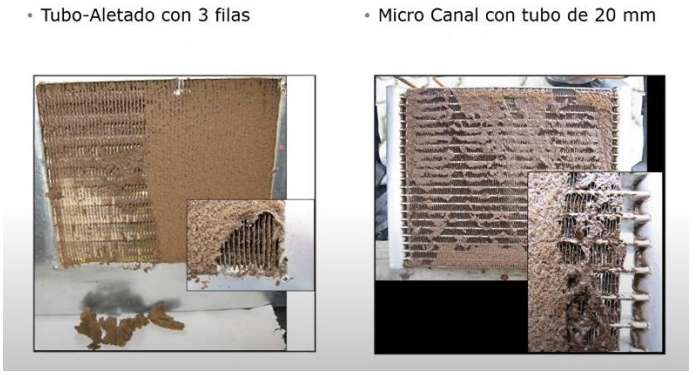

Figura 21: Rentat MCHE vs T&A [8]

3.4.1.4. Reducció de mida i pes

A causa del canvi de material, i la reducció de la mida dels tubs per on passa el refrigerant, s'aprecia una reducció d'un 68% del pes dels condensadors, més lleugers que els d'aletes i tubs, així com unes menors dimensions d'aquests, aproximadament d'un 35% de reducció.

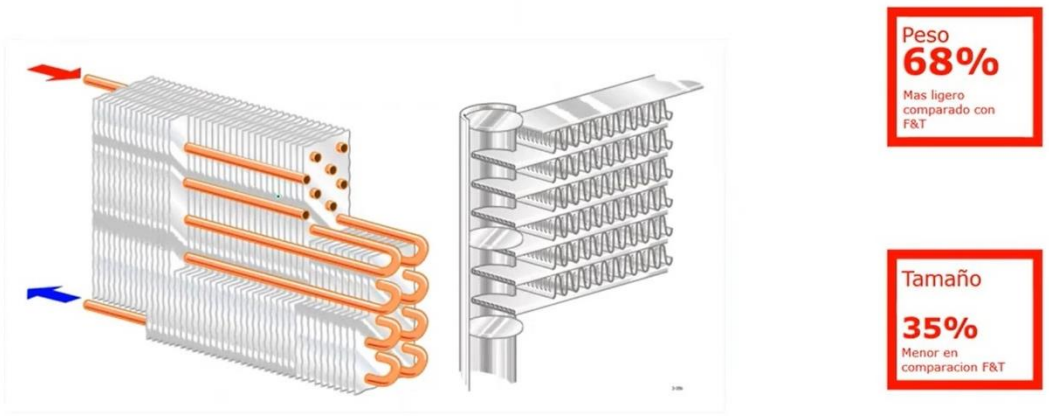

Figura 22: Mida i pes MCHE vs T&A [8]

3.4.1.5. Canvi de material a 100% d'alumini

Una altra característica del microcanal a observar, és el canvi de material, la utilització de l'alumini per fer el 100% del condensador en comptes de l'utilitzat anteriorment, el coure. Aquest canvi de material, es deu als següents punts:

- S'evita al 100% la corrosió galvànica, cosa que no passa amb el coure
- S'assegura un preu més constant, ja que l'alumini no té un preu de material tan volàtil com el coure.
- És fàcil de reciclar en tenir tota la peça d'un únic material
- Té una alta resistència mecànica
- Intercanvia bé la calor

També cal destacar la importància de les aletes que aquests presenten, que es mantenen d'alumini, es poden apreciar bé a la imatge inferior, la funció d'aquestes és fer de camí entremig a la transferència de calor entre l'aire i el refrigerant.

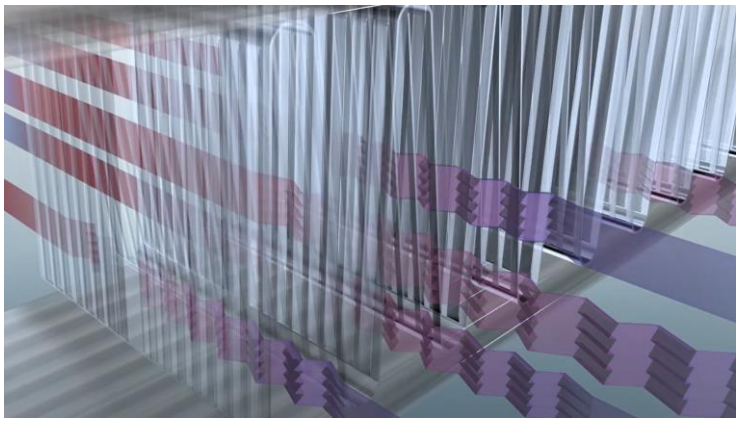

Figura 23: Representació aletes al MCHE [6]

3.4.2. Corrosió galvànica

La corrosió galvànica és un tipus de corrosió que ocorre quan dos metalls diferents estan en contacte elèctric en presència d'un electròlit, en aquest cas, els dos metalls utilitzats anteriorment eren el coure per als tubs i l'alumini per a les aletes, mentre que l'aigua feia d'electròlit. L'alumini, que és menys noble, actua com a l'ànode i es corroeix més ràpidament, mentre que el coure actua com a càtode i es protegeix de la corrosió.

Aquest fenomen de degradació de l'alumini es deu a la diferència de potencial electroquímic entre els dos metalls, que provoca un corrent elèctric.

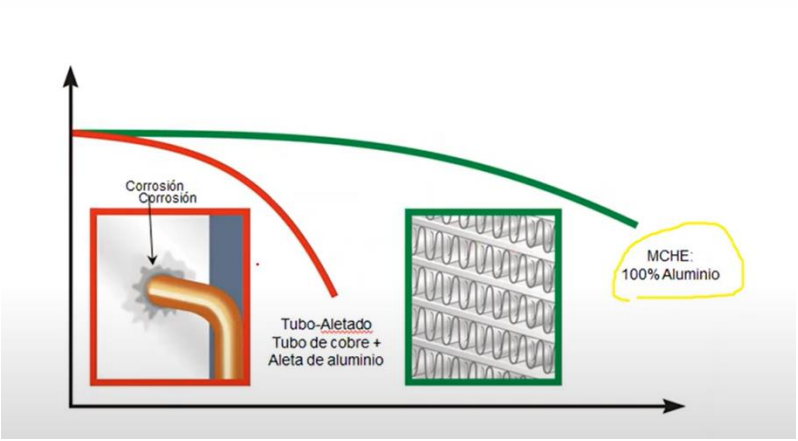

Figura 24: Corrosió MCHE vs T&A [8]

3.4.3. Parts

Un condensador amb tecnologia microcanal està constituït per diverses parts que el componen:

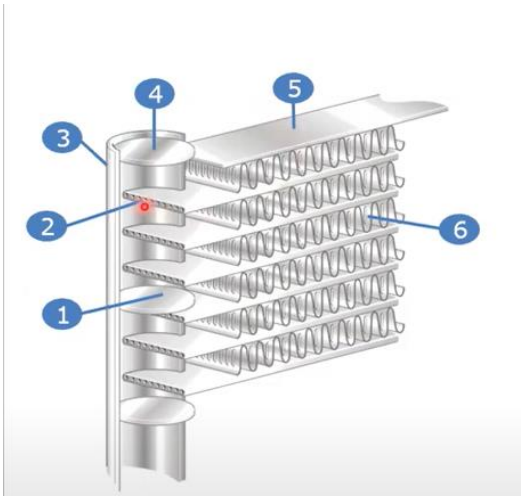

Figura 25: Parts condensador amb MCHE [8]

1- Deflector – encarregat de separar les passades del refrigerant pels diferents tubs.
2- Tub microcanal – es pot dir que és com la carretera per on circula el refrigerant.
3- Col·lector – Per on entra o surt el refrigerant, és necessari que hi hagi un d'entrada i un de sortida.
4- Trampa inferior i superior – S'encarrega del fet que el refrigerant no s'escapi del condensador.
5- Plaques – estan en contacte amb les aletes i l'aire, contenen els microcanals.
6- Aletes – Ajuden al fet que la transferència de calor sigui més eficient.

4. Metodologia i equipament (o Experimental) [18]

Per poder validar l'oferta del nou proveïdor, és necessari comprovar que el nou prototip compleix els estàndards de l'empresa, per veure això s'han hagut de fer una sèrie de tests sobre la nova peça creada a mesura per a TK per tal de poder veure que les condicions de treball són les mateixes. Per dur a terme tots els tests, TK Barcelona que és l'empresa que està gestionant tot aquest canvi de proveïdor s'ha hagut de recolzar en una planta de TK que hi ha a Praga per poder realitzar alguns dels tests a més d'utilitzar un laboratori extern al costat d'aquesta planta. També se n'han fet alguns al mateix laboratori de TK Barcelona i al del "proveïdor 1".

A continuació es detallen tots els tests que es recomanen fer per a aquesta nova peça, uns més importants que altres i una petita descripció d'aquests.

Taula 4: Tests de validació del condensador MCHE

Tipus de test	Descripció	Lloc de realització
Neteja interna	Comprovació de què els condensadors no tenen cap mena de residu al seu interior prou gran com per afectar al funcionament.	"Proveïdor 1"
Anàlisi metal·logràfica	Primer es fa el test de corrosió, després el d'esclat a pressió i després es fa una anàlisi metal·logràfica per veure si la causa de l'esclat és la corrosió.	"Proveïdor 1"
Prova d'estanquitat	Comprovació de fuites d'heli.	Laboratori extern a Praga
Prova d'esclat de pressió	A 20ºC es pressuritza amb aigua a 3.5 MPa i s'incrementa a 5, 10.5, 12.8 MPa en tres esgraons amb 4 minuts de separació entre si per l'adaptació i després es puja la pressió fins que ocorre la fallada.	Laboratori extern a Praga

Test de corrosió	42 dies de test de corrosió.	TK Praga
Test de capacitat	Mesura de la capacitat a un túnel de vent utilitzant R134a. Entrada d'aire a 30ºC, entrada de refrigerant a 90ºC, subrefredament a 4ºK, pressió d'entrada 1230 kPa (abs), velocitats d'aire 2 m/s i 2.5 m/s.	"Proveïdor 1"
Prova d'obstrucció	1)Capacitat de retenció de pols del condensador assajant d'acord amb la norma DINEN 779:2012. 2)Pèrdua de pressió al costat de l'aire que s'ha de mesurar abans i després de la càrrega.	"Proveïdor 1"
Prova de flux d'aire	És com el test de capacitat però només amb el condensador dins d'un túnel de vent.	TK Praga
Prova de rentat a pressió	Es dispara aigua a pressió a uns 50 mm del condensador i una pressió màxima de 41 bar i després es mira si hi ha hagut desperfectes.	TK Barcelona
Prova de vibracions	S'omple el condensador al 50% d'aigua i se'l sotmet a molts cicles de vibració per assegurar que no falla i no es genera cap esquerda a la soldadura.	TK Praga
Neteja externa	Visualització de desperfectes externs del	TK Barcelona

	condensador.	
Prova del sistema de capacitat / rendiment	Assajar la unitat amb un calorímetre a -20/30ºC i 0/30ºC, calcular el rendiment.	TK Barcelona o Praga
Tasques del servei	Revisar amb l'equip de servei les tasques necessàries en el camp i determinar la facilitat amb què es poden realitzar.	TK Barcelona
Deformacions tèrmiques	Muntar els condensadors de manera que representin amb precisió les restriccions d'aplicació del sistema. I executar una prova amb el "pitjor dels casos" per avaluar l'expansió tèrmica	TK Barcelona

Els tests més importants són els següents:

1- Prova d'esclat de pressió

Com ja s'ha explicat a la taula de dalt, se sotmet la peça a 4 pressions, cada cop més elevades, quan s'arriba a una pressió de 12.8 MPa, aquesta segueix augmentant fins que la peça explota.

2- Test de corrosió

Es deixa la peça corroint-se durant 42 dies sotmesa a aigua de mar sintètica acidificada (boira) i es comprova que després d'aquest temps no hi hagin fuites.

3- Prova de capacitat o prova de flux d'aire

La prova de capacitat es fa amb la peça muntada en la màquina i, en canvi, la de flux d'aire se sotmet només al condensador a un túnel de vent. Les dues haurien de donar el mateix resultat. És com una simulació per poder veure com es comportarà el condensador un cop estigui en funcionament.

4- Anàlisi metal·logràfica

Es fa un tall transversal als llocs amb una connexió al col·lector, que són: tub, separador,

encaix de blocs, suport.

5- Prova d'obstrucció

Es fa la prova amb 3 condensadors per a poder comparar-los entre ells, utilitzant una concentració de pols de 300 mg/m3 durant 2h, primer es pesa el filtre, se sotmet la peça a la pols i després es torna a mesurar el pes.

6- Neteja interna

S'emplena el condensador amb Acetona + Metanol 1:1 es deixa dins durant 5 minuts i es buida, a continuació es mesuren les partícules que hi ha al líquid per veure la mida d'aquestes i el nombre.

5. Resultats i discussió [18]

A continuació s'explica tot el procés des de que sorgeix la idea per reduir els costis fins que s'implanta en producció.

5.1. Esdeveniment de producció

L'objectiu principal de l'esdeveniment és estudiar com reduir els costs de la gamma de maquinàries VX, creada per a reemplaçar les anomenades V, per fer això s'han de seguir una sèrie de punts.

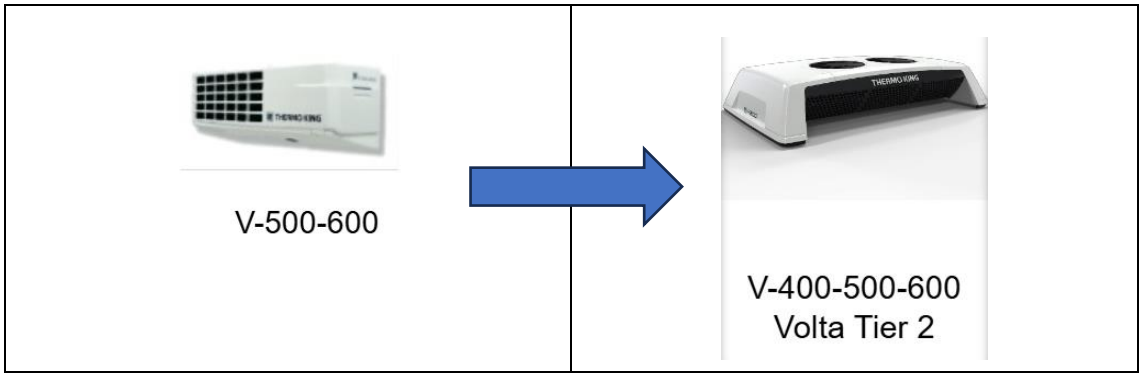

Figura 26: Evolució maquinària V a VX

5.1.1. Desglossament dels costos:

La gamma de maquinàries VX té les següents opcions de compra:

- V400X
  - Evaporador Ultra pla ES300
- V500X
  - Evaporador Ultra pla ES500
- V400X MAX
  - Evaporador Ultra pla ES300 MAX
- V500X MAX
  - Evaporador Ultra pla ES500 MAX
- V600X MAX
  - Evaporador Ultra pla ES600 MAX
- V400X MAX SPECTRUM
  - Evaporador Ultra pla ES200 + ES200 MAX
  - Evaporador Ultra pla ES300 + ES100 MAX
- V600X MAX SPECTRUM
  - Evaporador Ultra pla ES300 + ES300 MAX
  - Evaporador Ultra pla ES300 + ES150 MAX

- Evaporador Ultra pla ES300 + 2xES150 MAX
- Evaporador Ultra pla ES500 + ES100N MAX

Cal observar, que depenent de l'opció escollida, la maquina porta el mateix condensador, però un tipus d'evaporador diferent, i per tant els tubs, les vàlvules, i moltes altres peces varien una mica en funció de la màquina escollida. Com la necessitat de reduir costos era comú a totes les màquines, és indiferent quina opció de màquina s'esculli per fer l'estudi, i per tant s'escull la TKV500X MAX per comparar-la amb la seva predecessora, la TKV500 MAX.

Taula 5: Desglossament de preus V500X

Mòdul	**Descripció**	**Quantitat**	**Cost del material (% del total)**
Condensador	-	1	39.30
Injeccions addicionals	Injeccions MAX & SPECTRUM	1	1.57
Opció d'instal·lació al vehicle	Covers & Kits d'instal·lació	1	4.7
"Powerpack"	-	1	24.27
Tubs de succió	-	0	-
Evaporador	ES500	1	15.06
Embalatge	Capsa i pallet	1	1.94
Opció d'instal·lació	Kit d'instal·lació	1	8.6
Compressor	-	1	4
Configuració elèctrica	Kit elèctric	1	0.44
Plaques d'identificació	-	1	0.12

Taula 6: Desglossament de preus V500

Mòdul	**Descripció**	**Quantitat**	**Cost del material (% del total)**

Condensador	-	1	39.73
Injeccions addicionals	-	0	-
Opció d'instal·lació al vehicle	-	0	-
"Powerpack"	-	1	24.26
Tubs de succió	-	1	1.70
Evaporador	ES500	1	30.08
Embalatge	-	0	-
Opció d'instal·lació	-	0	-
Compressor	Mòdul-	1	4.21
Configuració elèctrica	-	0	-
Plaques d'identificació	-	1	0.02

A les taules superiors, hi ha un desglossament dels costos de producció de les dues màquines segons el mòdul on es troben. Com depenent de quina opció de màquina es triï les peces varien una mica, no es pot fer un estudi més detallat i es fa amb els mòduls, que són gairebé comuns a totes les opcions de maquinària per molt que dintre d'aquests hi hagi peces diferents.

Els preus de les taules, són els que tenia TK el maig de 2023, avui en dia poden haver variat una mica, però quan es va fer l'esdeveniment eren aquests.

5.1.2. Comparativa de costos

Taula 7: Comparativa preus V500 vs V500X

Mòdul	TKV500X MAX	TKV500 MAX	Diferència (% del V al VX)	TOTAL (% del V al VX)
Condensador			10.71	11.924
Injeccions addicionals			100.00	
Opció			100.00	

d'instal·lació al vehicle				
"Powerpack"			11.98	
Tubs de succió			-100.00	
Evaporador			-43.95	
Embalatge			100.00	
Opció d'instal·lació			100.00	
Compressor			6.27	
Configuració elèctrica			100.00	
Plaques d'identificació			819.35	

Les noves màquines VX, són un 11.9237% més cares de produir que les anteriors, uns 200€ aproximadament.

5.1.3. Operativa de l'esdeveniment

Els invitats a l'esdeveniment, es van escollir tenint en compte el cicle de vida de les màquines, era important que s'invités a gent de tots els departaments, inclús gent que està a la cadena de muntatge perquè poguessin dir com es podria millorar l'eficiència de muntatge.

Per aconseguir això, es van invitar a unes quantes persones de tots els equips que hi ha a l'empresa, com ara màrqueting, enginyeria, qualitat, finances, fabricació, materials, etcètera.

Un cop va començar l'esdeveniment, el primer que es va fer va ser posar a tothom al dia de la problemàtica amb aquestes màquines i els van explicar la comparativa de preus de les VX respecte a les V. A part també es va explicar l'objectiu principal pel qual es feia l'esdeveniment, que era reduir els costos de producció de les unitats VX en un 10% aproximadament (200 €) i uns objectius més particulars que existien per dur-ho a terme:

1. Objectius de focus principal:
    a. Material
    b. Treball

2. Objectius de focus secundari:
    a. Qualitat
    b. Servei

Després que tothom estigues una mica informat, es va explicar com s'anava a treballar. Es van fer dos grups en els quals havia d'haver-hi almenys un integrant de cada un dels departaments, amb l'objectiu que sorgissin més idees.

5.1.3.1. Manera de treballar i agenda

L'agenda de l'esdeveniment va ser la següent:

Taula 8: Planificació esdeveniment

Començament	Finalització	Activitat	Durada
9:00	9:45	Benvinguda	0:45
9:45	10:00	Esmorzar	0:15
10:00	11:30	Equips (Elèctric)	1:30
11:30	13:30	Equips (Refrigeració)	2:00
13:30	14:15	Menjar	0:45
14:15	16:30	Equips (Kits inst./ Embalatge/ Marcs)	2:15
16:30	17:30	Consolidació d'idees i defensa	1:00

En els moments en què la gent es reunia per equips, les tasques es repartien de la següent manera per tal que l'esdeveniment estigues una mica organitzat i no fos un caos:

- 1 persona prenent fotos de les màquines que hi havia exposades
- 1 persona desmuntant aquestes màquines per poder palpar els components
- 1 persona apuntant les idees
- 1 persona de VAVE per proporcionar els llistats de components i els 3D en cas de necessitar-los
- 1 líder de l'equip encarregat que es treballi amb seguretat i que les fotos s'estan fent bé i s'està prenent nota de les idees
- La resta de participants van proporcionant idees i debatent entre ells sobre aquestes.

5.1.3.2. Plantilla on expressar les idees

Es van crear unes plantilles on els grups havien d'anar apuntant cadascuna de les idees que anaven sorgint.

PROPOSAL SUMMARY	
PROJECT TEAM:	DATE:
SYSTEMS / SUBSYSTEMS DESIGN PROPOSAL:	Name:

PROPOSED DESIGN	EVALUATION RESULTS
(DESCRIPTION OF DESIGN, SKETCH, etc.)	ADVANTAGES:
	DISADVANTAGES:

UNIT COST	MATERIAL	LABOR	OVERHEAD		TOTAL
PRESENT				=	
PROPOSED				=	
% REDUCTION:				SAVINGS PER UNIT:	

	CAPITAL / TOOLING	EXPENSE		TOTAL
COST OF CHANGE			=	

ANNUAL VOLUME =	ANNUAL SAVINGS = €	PAYBACK =

Figura 27: Plantilla d'idees preliminars esdeveniment

En aquestes plantilles, s'havia de posar una mica d'informació per tal de poder fer un estudi més endavant en el que se seleccionarien les millors idees.

- Sistema al qual pertany el canvi, el mòdul elèctric, els marcs de la màquina, el sistema de refrigeració...
- Avantatges i Desavantatges del canvi
- La reducció de costos per cada unitat (si és possible obtenir aquestes dades)
- Els costos que suposa fer el canvi (si és possible obtenir aquestes dades)
- Els estalvis anuals (si és possible obtenir aquestes dades)
- Els mesos/anys/dies que es tardarien a recuperar la inversió

5.2. Post esdeveniment

Un cop s'ha fet l'esdeveniment de productivitat, és molt important la part posterior, s'han de classificar les idees i fer un filtratge d'aquestes per tal de seleccionar les que tenen més

possibilitats d'implementar-se.

5.2.1. Classificació de les idees

Per tal de seleccionar les millors idees, s'ha de fer un estudi de totes aquestes, per a fer això es van tenir en compte els següents punts amb les ponderacions corresponents. A cadascun d'aquests punts es podia obtenir una puntuació d'1, 3 o 9 en funció del que suposes aquest canvi:

- Estalvis (pes = 4)
    - < $50K
    - $50K - $150K
    - > $150K
- Probabilitat de succés (pes = 3)
    - < 50%
    - 50% - 90%
    - > 90%
- Duració fins a poder veure els beneficis (pes = 2)
    - > 9 mesos
    - 3 – 9 mesos
    - < 3 mesos
- Impacte dels recursos (pes = 1)
    - > 1 any
    - 0.25 – 1 any
    - < 0.25 anys
- Habilitats necessàries (pes = 1)
    - Cap
    - Certa experiència
    - Molta experiència

A partir d'això, s'obtenia un resultat per a cadascun dels punts multiplicant la puntuació d'aquest pel seu pes, i sumant tots aquests resultats, s'obté la puntuació de la idea sencera. Aquestes idees es classifiquen en funció de la puntuació total obtinguda:

- A (100 – 75 pts)
- B (74 – 50 pts)
- C (49 – 25 pts)
- D (24 – 0 pts)

Per poder fer aquest estudi, es van crear unes noves plantilles on les persones encarregades de fer tot el postprocés havien d'anar posant la informació a partir del que hi havia a cada fitxa de les idees dels equips.

Productivity Idea Submission Card					CARD ID#
Originator					
C's team 2012					
TEAM / Sub System (Circle)					
Castings	Elec. Motors	Steel	War on Copper	Plastics	Electrical
Fabrication	Fasteners	Packaging	Valves	Non-C.O.E	Non-Ferrous
Idea description					
Eliminar base evap (Cierre con el techo del camión) o dejar solo el Plenum					
Sketch or Photo (pict id)					
4					
Value	BEST		GOOD		
What VALUE does this change Bring to the Product ?	↑ ↓ Functional Improvement Cost Decreases	↑ → Functional Improvement Cost Neutral	↑ ↑ Functional Improvement Cost Increases	→ ↓ Function Neutral Cost Decreases	↓ ↓ Function & Cost Decreases
Estimated Benefit/YR:			Use annual volume of 10,000 for savings calculation		
Productivity Type: (Circle)		Mat Price	Mat VAVE	Var Labor/OH	Fixed Labor/OH

Figura 28: Plantilla d'idees definitives post esdeveniment

Functional Change / Concept		Simplify	Change material	Standardize Part	Reduce Material
Alt Low Mat $	Copper Replacement	New Supplier	LCC	Outsource	
Category	Ranking Scale 1	3	9	INPUT Score 1,3,9 (ENTER)	Score Weighting X Rank Scale
OI Contribution Savings Impact $$ Weighting = 4	< $20K	$20K - $50K	> $50K		0.0
Probability of Success Weighting = 3	< 50% score for: (1) New Technology (2) Difficilt / Many Hurdles (3) No Competency in this Area	50% - 90% score for: (1) Existing Technology (2) Easy to Define / Many Hurdles (3) Limited Competency	> 90% score for: (1) Existing Technology (2) Straightforward (3) Mature Competency		0.0
Duration Time to Gate 4 (Months) Weighting = 2	> 9 Months	3 - 9 Months	< 3 Months		0.0
Resource Impact Weighting = 1	> 1 Man Years	0.25 - 1 Man Years	< 0.25 Man Years		0.0
Technical Skill Base Weighting = 1	Tech New to the Company; (Almost) No Skills	Some R&D Experience by Probably Insufficient	Widely Practiced in the Company		0.0
ABCD Rank and Score	100 - 75 pts =	A			0.00
	74 - 50 Pts =	B			
	49 - 25 Pts =	C			
	24 - 0 Pts =	D			

Figura 29: Plantilla classificació d'idees

Amb aquesta informació, després es podrien comparar més fàcilment unes idees amb les altres.

Com es pot suposar, les idees classificades com a tipus A son les millors, per a l'empresa per dir-ho així. El següent pas a fer era comparar totes les idees obtingudes.

A les següents imatges, es poden observar diferents exemples d'idees de cadascun dels tipus existents.

Taula 9: Exemples de les categories

Sub-System: (Circle)			Commodity: (Circle)		
Frame	Foam Back	Coil	Castings	Steel	War on Copper
Contour Front	Foam End	Interior Panel	Elec. Motors	Fabrication	Fasteners
Bottom	Foam Top	Plenum	Packaging	Valves	Plastics
Raceway	Canopy	Base (legs)	Electrical	Heat Exchangers	Wiring
Pack out	Joint	Shelves	Consumables		
Heat Exchanger	LED's	Wire Racks			

Idea description

New Supplier for Steel Fascia

Estimated Benefit/YR: (Circle)	<$25K	$25K - $50K	$50K - $100K	$100K+
Productivity Type: (Circle)	Mat Price	Mat VAVE	Var Labor/OH	Fixed Labor/OH

Category	Ranking Scale 1	Ranking Scale 3	Ranking Scale 9	INPUT Score 1,3,9 (ENTER)	Score Weighting x Rank Scale
OI Contribution Savings Impact $$ Weighting = 4	< $50K	$50K - $150K	> $150K	3	12.0
Probability of Success Weighting = 3	< 50% score for: (1) New Technology (2) Difficilt / Many Hurdles (3) No Competency in this Area	50% - 90% score for: (1) Existing Technology (2) Easy to Define / Many Hurdles (3) Limited Competency	> 90% score for: (1) Existing Technology (2) Straightforward (3) Mature Competency	9	27.0
Duration Time to Benefit (Months) Weighting = 2	> 9 Months	3 - 9 Months	< 3 Months	9	18.0
Resource Impact Weighting = 1	> 1 Man Years	0.25 - 1 Man Years	< 0.25 Man Years	9	9.0
Technical Skill Base Weighting = 1	Tech New to the Company; (Almost) No Skills	Some R&D Experience by Probably Insufficient	Widely Practiced in the Company	9	9.0
ABCD Rank and Score	100 - 75 pts = A 74 - 50 Pts = B 49 - 25 Pts = C			A	75.00

Sub-System: (Circle)			Commodity: (Circle)		
Frame	Foam Back	Coil	Castings	Steel	War on Copper
Contour Front	Foam End	Interior Panel	Elec. Motors	Fabrication	Fasteners
Bottom	Foam Top	Plenum	Packaging	Valves	Plastics
Raceway	Canopy	Base (legs)	Electrical	Heat Exchangers	Wiring
Pack out	Joint	Shelves	Consumables		
Heat Exchanger	LED's	Wire Racks			

Idea description

Change Front Steel Fascia to a Plastic Fascia and integrate 10 other smaller parts to make 1 part

Estimated Benefit/YR: (Circle)	<$25K	$25K - $50K	$50K - $100K	$100K+
Productivity Type: (Circle)	Mat Price	Mat VAVE	Var Labor/OH	Fixed Labor/OH

Category	Ranking Scale 1	Ranking Scale 3	Ranking Scale 9	INPUT Score 1,3,9 (ENTER)	Score Weighting x Rank Scale
OI Contribution Savings Impact $$ Weighting = 4	< $50K	$50K - $150K	> $150K	9	36.0
Probability of Success Weighting = 3	< 50% score for: (1) New Technology (2) Difficilt / Many Hurdles (3) No Competency in this Area	50% - 90% score for: (1) Existing Technology (2) Easy to Define / Many Hurdles (3) Limited Competency	> 90% score for: (1) Existing Technology (2) Straightforward (3) Mature Competency	3	9.0
Duration Time to Benefit (Months) Weighting = 2	> 9 Months	3 - 9 Months	< 3 Months	3	6.0
Resource Impact Weighting = 1	> 1 Man Years	0.25 - 1 Man Years	< 0.25 Man Years	9	9.0
Technical Skill Base Weighting = 1	Tech New to the Company; (Almost) No Skills	Some R&D Experience by Probably Insufficient	Widely Practiced in the Company	3	3.0
ABCD Rank and Score	100 - 75 pts = A 74 - 50 Pts = B 49 - 25 Pts = C			B	63.00

Sub-System: (Circle)

Frame	Foam Back	Coil
Contour Front	Foam End	Interior Panel
Bottom	Foam Top	Plenum
Raceway	Canopy	Base (legs)
Pack out	Joint	Shelves
Heat Exchanger	LED's	Wire Racks

Commodity: (Circle)

Castings	Steel	War on Copper
Elec. Motors	Fabrication	Fasteners
Packaging	Valves	Plastics
Electrical Consumables	Heat Exchangers	Wiring

Idea description

Hard Tool the Front Steel Fascia

Estimated Benefit/YR: (Circle)	<$25K	$25K - $50K	$50K - $100K	$100K+
Productivity Type: (Circle)	Mat Price	Mat VAVE	Var Labor/OH	Fixed Labor/OH

Category	Ranking Scale 1	3	9	INPUT Score 1,3,9 (ENTER)	Score Weighting X Rank Scale
OI Contribution Savings Impact $$ Weighting = 4	< $50K	$50K - $150K	> $150K	9	36.0
Probability of Success Weighting = 3	< 50% score for: (1) New Technology (2) Difficilt / Many Hurdles (3) No Competency in this Area	50% - 90% score for: (1) Existing Technology (2) Easy to Define / Many Hurdles (3) Limited Competency	> 90% score for: (1) Existing Technology (2) Straightforward (3) Mature Competency	3	9.0
Duration Time to Benefit (Months) Weighting = 2	> 9 Months	3 - 9 Months	< 3 Months	1	2.0
Resource Impact Weighting = 1	> 1 Man Years	0.25 - 1 Man Years	< 0.25 Man Years	1	1.0
Technical Skill Base Weighting = 1	Tech New to the Company; (Almost) No Skills	Some R&D Experience by Probably Insufficient	Widely Practiced in the Company	1	1.0
ABCD Rank and Score	100 - 75 pts = A 74 - 50 Pts = B 49 - 25 Pts = C			C	49.00

Sub-System: (Circle)

Frame	Foam Back	Coil
Contour Front	Foam End	Interior Panel
Bottom	Foam Top	Plenum
Raceway	Canopy	Base (legs)
Pack out	Joint	Shelves
Heat Exchanger	LED's	Wire Racks

Commodity: (Circle)

Castings	Steel	War on Copper
Elec. Motors	Fabrication	Fasteners
Packaging	Valves	Plastics
Electrical Consumables	Heat Exchangers	Wiring

Idea description

Change Front Steel Fascia Design to simplier part

Estimated Benefit/YR: (Circle)	<$25K	$25K - $50K	$50K - $100K	$100K+
Productivity Type: (Circle)	Mat Price	Mat VAVE	Var Labor/OH	Fixed Labor/OH

Category	Ranking Scale 1	3	9	INPUT Score 1,3,9 (ENTER)	Score Weighting X Rank Scale
OI Contribution Savings Impact $$ Weighting = 4	< $50K	$50K - $150K	> $150K	1	4.0
Probability of Success Weighting = 3	< 50% score for: (1) New Technology (2) Difficilt / Many Hurdles (3) No Competency in this Area	50% - 90% score for: (1) Existing Technology (2) Easy to Define / Many Hurdles (3) Limited Competency	> 90% score for: (1) Existing Technology (2) Straightforward (3) Mature Competency	1	3.0
Duration Time to Benefit (Months) Weighting = 2	> 9 Months	3 - 9 Months	< 3 Months	3	6.0
Resource Impact Weighting = 1	> 1 Man Years	0.25 - 1 Man Years	< 0.25 Man Years	3	3.0
Technical Skill Base Weighting = 1	Tech New to the Company; (Almost) No Skills	Some R&D Experience by Probably Insufficient	Widely Practiced in the Company	3	3.0
ABCD Rank and Score	100 - 75 pts = A 74 - 50 Pts = B 49 - 25 Pts = C			D	19.00

5.2.2. Selecció de les millors idees i orde d'implementació

Un cop s'han classificat totes les idees, l'objectiu era comparar les unes amb les altres per poder escollir un ordre d'implementació òptim.

Car	Team	Commodity	Originator	Idea Description	Value	Estimated Bene	Productivity T	Functional Chang Concept	OI Contribut Savings Impa Weighting = 4	Probability Success Weighting = 3	Duration Time to Ben (Months Weighting = 2	Resource Im Weighting	Technical Sk Base Weighting = 2	Rank Let (ABCD	Rank Sco (0-Sixty	Gross Benefit Estim
ID 1	Team 1	Heat Exchangers	M. Alcarria	Alternative for Coating on MC	Function Neutral / Cost Decreases	$100K+	Mat Price	New Supplier	9	9	9	9	9	A	99	$ 100,000
ID 2	Team 1	Heat Exchangers	X. Guillen	Alternative supplier for MC	Function Neutral / Cost Decreases	$50K - $100K	Mat Price	New Supplier	3	9	3	3	3	B	51	$ 75,000
ID 3	Team 1	Unknown	Eneko f.	Harness and tubing routing to eliminate coating on MC	Function Neutral / Cost Decreases	$100K+	Mat VAVE	Simplify	9	9	9	9	9	A	99	$ 100,000
ID 4	Team 2	Heat Exchangers	J. Vila	AI on upper tubing above condenser as automotive	Function Neutral / Cost Decreases	$100K+	Mat VAVE	Change material	9	9	3	9	9	A	87	$ 100,000
ID 5	Team 2	Heat Exchangers	Davide F.	Suction Road compressor not routed on Condenser area	Function Neutral / Cost Decreases	$100K+	Mat VAVE	Simplify	3	9	3	9	9	B	63	$ 100,000
ID 6	Team 2	Fabrication	E. Canaela	Custom Brass fitting change to standard in conjuction with tubing redesign	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Change material	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 7	Team 2	Valves	R. Canela	Service valve customized (humid / serv valve / relief) - 6 brazing removal	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Unknown	1	1	1	9	9	C	27	$ 10,000
ID 8	Team 1	Hoses and Fittings	X. Guillen	Eaton alternative on fittings	Function Neutral / Cost Decreases	$50K - $100K	Mat VAVE	New Supplier	3	9	3	9	9	B	63	$ 75,000
ID 9	Team 2	Hoses and Fittings	Graham W.	Hoses alternative to Eaton (KDL / Bugaflex)	Function Neutral / Cost Decreases	$100K+	Mat VAVE	New Supplier	9	1	1	1	1	C	43	$ 100,000
ID 10	Team 1	Fabrication	I. Gil	Compressor injection output "elbowed"	Functional Improvement /Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	9	1	3	1	C	37	$ 10,000
ID 11	Team 1	Compressor	I. Gil	Compressor assembly routed to improve electric assembly	Functional Improvement /Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	New Supplier	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 12	Team 2	Compressor	J. Vila	Higher Suction Tank from Highly to remove Sanhua one	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Simplify	3	1	3	1	3	C	25	$ 35,000
ID 13	Team 1	Packaging	I. Gil	Pallet multilayer compacted	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Change material	1	1	3	1	1	D	15	$ 10,000
ID 14	Team 1	Packaging	M. López	Condenser encapsulated Instead "bee panels"	Functional Improvement /Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	3	1	1	1	D	17	$ 10,000
ID 15	Team 1	Plastics	I. Gil	Decals rationalization	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 16	Team 2	Plastics	Davide F.	To use only 1 Fan on condenser	Functional Improvement /Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Reduce Material	3	3	1	1	1	C	25	$ 35,000
ID 17	Team 1	Electrical	I. Gil	To replace with corrugate tube all harness on specific areas	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Change material	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 18	Team 2	Electrical	J. Rafecas	To reduce cable lenght provided to dealers	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Reduce Material	3	1	1	1	1	D	19	$ 35,000
ID 19	Team 2	Electrical	J. Rafecas	ST and MT harness differenciation	Function Neutral / Cost Decreases	$50K - $100K	Mat VAVE	Reduce Material	3	9	3	1	9	B	55	$ 75,000
ID 20	Team 2	Electrical	J. Rafecas	Temperature sensor integrated on compressor (OL relay eliminated)	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Reduce Material	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 21	Team 1	Electrical	M. López	Power supply instead Trafo / Bridge / fuse / harness...)	Functional Improvement / Cost Increases	$50K - $100K	Mat VAVE	Change material	9	3	3	3	3	B	57	$ 75,000
ID 22	Team 1	Electrical	V. Jarque	To replace 4 relays with a single switched ("commutado") one	Functional Improvement / Cost Increases	$20K - $50K	Mat VAVE	Simplify	3	3	3	3	3	C	33	$ 35,000
ID 23	Team 1	Electrical	D. Faúndez	Replace conectors by terminals / Alternatiwe Splices for Harness	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Change material	1	3	3	3	3	C	25	$ 10,000
ID 24	Team 1	Electrical	Graham W.	To reduce std. Specs on harness to automotive one (Le tinned , diam, ...)	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Change material	3	3	3	3	3	C	33	$ 35,000
ID 25	Team 1	Frame	R. Fernández	To change degreasing / cleaning process on Vx Series Frame	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Outsource	3	9	9	9	9	A	75	$ 35,000
ID 26	Team 1	Frame	D. Faúndez	To eliminate small right bracket - Fixation tube improvement	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Outsource	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 27	Team 1	Frame	I. Gil	+	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Outsource	1	9	9	9	9	B	67	$ 10,000
ID 28	Team 1	Frame	I. Gil	Compressor suction line bracket removal	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Outsource	1	9	9	9	9	B	67	$ 10,000
ID 29	Team 1	Frame	I. Gil	Galvanized nuts instead brass	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Outsource	1	3	9	9	9	C	49	$ 10,000
ID 30	Team 2	Frame	V. Jarque	To change rubber material on Frame	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Change material	3	9	9	9	9	A	75	$ 35,000
ID 31	Team 1	Frame	I. Gil	Battery floation redesign (Electric Box side)	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	3	3	3	3	C	25	$ 10,000
ID 32	Team 1	Frame	A. Purroy	To reinforce lateral frame base and add strengh geom. Stand lateral fittings	Functional Improvement / Cost Increases	$50K - $100K	Mat VAVE	Simplify	3	9	3	3	3	B	51	$ 75,000
ID 33	Team 1	Frame	I. Gil	Reinforcement bracket removal (labor + Price)	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	3	3	3	3	C	25	$ 10,000
ID 34	Team 1	Frame	A. Purroy	Liquid tank floation bracket modification to allow oil sep floation	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	9	9	9	9	B	67	$ 10,000
ID 35	Team 1	Frame	Graham W.	Frame Material 3Cr12 "Dirty Stainless"	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Change material	1	3	3	3	9	C	31	$ 35,000
ID 36	Team 1	Frame	Graham W.	Redesign to remove nose mount kit	Function Neutral / Cost Decreases	$20K - $50K	Mat VAVE	Simplify	3	3	3	3	9	C	39	$ 35,000
ID 37	Team 1	Frame	A. Purroy	M8 studs bracket roof / cuvette removal	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Simplify	1	9	9	9	9	B	67	$ 10,000
ID 38	Team 2	Frame	J. Vila	Redesign frame E500 I and II to avoid nose mount brackets reinforcement	Functional Improvement / Cost Increases	$50K - $100K	Mat VAVE	Simplify	3	9	3	3	3	B	51	$ 75,000
ID 39	Team 1	Hoses and Fittings	M. López	Brass fitting redesign	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Change material	1	9	3	9	9	B	55	$ 10,000
ID 40	Team 2	Frame	R. Fernández	To change welding process (bended L shape instead of welded one)	Function Neutral / Cost Decreases	<$20K	Mat VAVE	Outsource	1	9	9	9	9	B	67	$ 10,000

Figura 30: Total d'idees

Aquí es troben totes les idees que es van originar. A cadascuna d'elles, se li va assignar el

nom d'ID + número per poder seguir la traçabilitat de la idea i que els que l'havien proposat poguessin observar com una idea seva havia arribat a fer-se realitat.

També es van crear algunes taules d'estadístiques obtingudes amb els resultats de l'esdeveniment per tal de veure si havia estat útil, com per exemple les següents:

Taula 10: Nombre d'idees segons categoria

Rànquing	Nombre de ID's	Benefici total estimat ($)
A	5	500.000
B	19	450.000
C	13	315.000
D	3	200.000
TOTAL	40	1.465.000

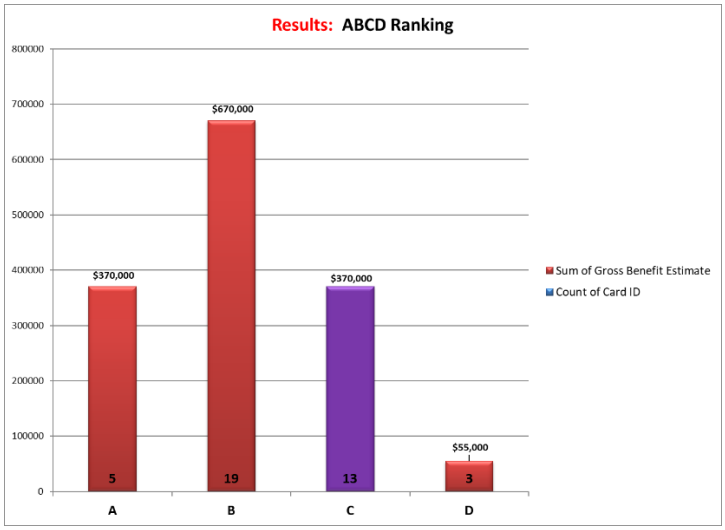

Figura 31: Gràfica Estalvis vs Categoria

Taula 11: Nombre d'idees segons concepte

Concepte	Nombre de ID's	Benefici total estimat ($)
Simplificar	14	525.000
Nou proveïdor	5	360.000
Canvi de material	10	330.000

Reducció de material	4	155.000
Externalitzar peces	6	85.000
Desconegut	1	10.000
TOTAL	40	1.465.000

Taula 12: Nombre d'idees segons comoditat

Comoditat	**Nombre de ID's**	**Benefici total estimat ($)**
Marc	15	380.000
Intercanviadors	4	375.000
Elèctric	8	285.000
"Hoses and fittings"	3	185.000
Desconegut	1	100.000
Compressor	2	45.000
Plàstics	2	45.000
Fabricació	2	20.000
Embalatge	2	20.000
Vàlvules	1	10.000
TOTAL	40	1.465.000

Finalment, es va fer un filtratge de les idees de tipus A i B, ja que hi havia més d'una repetida, per tant, van acabar havent-hi 3 de tipus A i 13 de tipus B.

5.3. Implementació

Com les idees de tipus A suposen normalment un canvi significatiu a l'empresa, es poden dur a terme al llarg de l'any a demés de les idees que han sorgit, com per exemple algunes de tipus B i C. Per a això es van proposar 3 escenaris:

1) Primer escenari

Projects to be deployed on Q4 2023 (100K$ Gross Savings) – Short term

ID 40	Team 2	Frame	R. Fernández	To change welding process (bended L shape instead of welded one)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 25	Team 2	Frame	R. Fernández	To change degreasing / cleaning process on Vx Series Frame	Function Neutral / Cost Decreases
ID 14	Team 1	Packaging	M. López	Condenser encapsulated instead "bee panels"	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 30	Team 2	Frame	V. Jarque	To change rubber material on Frame	Function Neutral / Cost Decreases

Projects to be deployed on Q1 2024 (50K$ Gross Savings) – Mid Term

ID 1	Team 1	Heat Exchangers	M. Alcarria	Alternative for Coating on MC	Function Neutral / Cost Decreases

Projects to be deployed on Q4 2024 (350K$ Gross Savings) – Long term (New Architecture)

ID 6	Team 2	Fabrication	E. Canadé	Custom Brass fitting change to standard in conjuction with tubing redesign	Function Neutral / Cost Decreases
ID 8	Team 1	Hoses and Fittings	X. Guillen	Eaton alternative on fittings	Function Neutral / Cost Decreases
ID 11	Team 1	Compressor	I. Gil	Compresor assembly routed to improve electric assembly	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 15	Team 1	Plastics	I. Gil	Decals rationalitation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 17	Team 1	Electrical	I. Gil	To replace with corrugate tube all harness on specific areas	Function Neutral / Cost Decreases
ID 19	Team 2	Electrical	J. Rafecas	ST and MT harness diferenciation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 20	Team 2	Electrical	J. Rafecas	Temperature sensor integrated on compressor (OL relay eliminated)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 21	Team 1	Electrical	M. López	Power supply instead Trafo / Bridge / fuse / harness...)	Functional Improvement / Cost Increases
ID 26	Team 1	Frame	D. Faúndez	To eliminate small right bracket - Fixation tube improvement	Function Neutral / Cost Decreases
ID 27	Team 1	Frame	I. Gil	Bracket lateral suction line from Al to Steel	Function Neutral / Cost Decreases
ID 28	Team 1	Frame	I. Gil	Compressor suction line bracket removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 32	Team 1	Frame	A. Purroy	To reinforce lateral frame base and add strengh geom. Stand lateral fittings	Functional Improvement / Cost Increases
ID 34	Team 1	Frame	A. Purroy	Liquid tank fixation bracket modification to allow oil sep fixation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 37	Team 1	Frame	A. Purroy	M8 studs bracket roof / cuvette removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 38	Team 2	Frame	J. Vila	Redesign frame E500 I and II to avoid nose mount brackets reinforcement	Functional Improvement / Cost Increases
ID 39	Team 1	Hoses and Fittings	M. López	Brass fitting redesign	Function Neutral / Cost Decreases

Figura 32: Proposta primer escenari d'implementació

2) Segon escenari

Projects to be deployed on Q4 2023 (100K$ Gross Savings) – Short term

ID 40	Team 2	Frame	R. Fernández	To change welding process (bended L shape instead of welded one)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 25	Team 2	Frame	R. Fernández	To change degreasing / cleaning process on Vx Series Frame	Function Neutral / Cost Decreases
ID 14	Team 1	Packaging	M. López	Condenser encapsulated instead "bee panels"	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 30	Team 2	Frame	V. Jarque	To change rubber material on Frame	Function Neutral / Cost Decreases

Projects to be deployed on Q2 2024 (300K$ Gross Savings) – Mid Term

ID 2	Team 1	Heat Exchangers	X. Guillen	Alternative supplier for MC	Function Neutral / Cost Decreases

Projects to be deployed on Q4 2024 (350K$ Gross Savings) – Long term (New Architecture)

ID 6	Team 2	Fabrication	E. Canadé	Custom Brass fitting change to standard in conjuction with tubing redesign	Function Neutral / Cost Decreases
ID 8	Team 1	Hoses and Fittings	X. Guillen	Eaton alternative on fittings	Function Neutral / Cost Decreases
ID 11	Team 1	Compressor	I. Gil	Compresor assembly routed to improve electric assembly	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 15	Team 1	Plastics	I. Gil	Decals rationalitation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 17	Team 1	Electrical	I. Gil	To replace with corrugate tube all harness on specific areas	Function Neutral / Cost Decreases
ID 19	Team 2	Electrical	J. Rafecas	ST and MT harness diferenciation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 20	Team 2	Electrical	J. Rafecas	Temperature sensor integrated on compressor (OL relay eliminated)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 21	Team 1	Electrical	M. López	Power supply instead Trafo / Bridge / fuse / harness...)	Functional Improvement / Cost Increases
ID 26	Team 1	Frame	D. Faúndez	To eliminate small right bracket - Fixation tube improvement	Function Neutral / Cost Decreases
ID 27	Team 1	Frame	I. Gil	Bracket lateral suction line from Al to Steel	Function Neutral / Cost Decreases
ID 28	Team 1	Frame	I. Gil	Compressor suction line bracket removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 32	Team 1	Frame	A. Purroy	To reinforce lateral frame base and add strengh geom. Stand lateral fittings	Functional Improvement / Cost Increases
ID 34	Team 1	Frame	A. Purroy	Liquid tank fixation bracket modification to allow oil sep fixation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 37	Team 1	Frame	A. Purroy	M8 studs bracket roof / cuvette removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 38	Team 2	Frame	J. Vila	Redesign frame E500 I and II to avoid nose mount brackets reinforcement	Functional Improvement / Cost Increases
ID 39	Team 1	Hoses and Fittings	M. López	Brass fitting redesign	Function Neutral / Cost Decreases

Figura 33: Proposta segon escenari d'implementació

3) Tercer escenari

Projects to be deployed on Q4 2023 (100K$ Gross Savings) – Short term

ID 40	Team 2	Frame	R. Fernández	To change welding process (bended L shape instead of welded one)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 25	Team 2	Frame	R. Fernández	To change degreasing / cleaning process on Vx Series Frame	Function Neutral / Cost Decreases
ID 14	Team 1	Packaging	M. López	Condenser encapsulated instead "bee panels"	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 30	Team 2	Frame	V. Jarque	To change rubber material on Frame	Function Neutral / Cost Decreases

Projects to be deployed on Q4 2024 (650K$ Gross Savings) – Long term (New Architecture)

ID 4	Team 2	Heat Exchangers	J. Vila	Al on upper tubing above condenser as automotive	Function Neutral / Cost Decreases
ID 5	Team 2	Heat Exchangers	Davide F.	Suction Road compressor not routed on Condenser area	Function Neutral / Cost Decreases
ID 6	Team 2	Fabrication	E. Canadé	Custom Brass fitting change to standard in conjuction with tubing redesign	Function Neutral / Cost Decreases
ID 8	Team 1	Hoses and Fittings	X. Guillen	Eaton alternative on fittings	Function Neutral / Cost Decreases
ID 11	Team 1	Compressor	I. Gil	Compresor assembly routed to improve electric assembly	Functional Improvement /Cost Decreases
ID 15	Team 1	Plastics	I. Gil	Decals rationalitation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 17	Team 1	Electrical	I. Gil	To replace with corrugate tube all harness on specific areas	Function Neutral / Cost Decreases
ID 19	Team 2	Electrical	J. Rafecas	ST and MT harness diferenciation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 20	Team 2	Electrical	J. Rafecas	Temperature sensor integrated on compressor (OL relay eliminated)	Function Neutral / Cost Decreases
ID 21	Team 1	Electrical	M. López	Power supply instead Trafo / Bridge / fuse / harness...)	Functional Improvement / Cost Increases
ID 26	Team 1	Frame	D. Faúndez	To eliminate small right bracket - Fixation tube improvement	Function Neutral / Cost Decreases
ID 27	Team 1	Frame	I. Gil	Bracket lateral suction line from Al to Steel	Function Neutral / Cost Decreases
ID 28	Team 1	Frame	I. Gil	Compressor suction line bracket removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 32	Team 1	Frame	A. Purroy	To reinforce lateral frame base and add strengh geom. Stand lateral fittings	Functional Improvement / Cost Increases
ID 34	Team 1	Frame	A. Purroy	Liquid tank fixation bracket modification to allow oil sep fixation	Function Neutral / Cost Decreases
ID 37	Team 1	Frame	A. Purroy	M8 studs bracket roof / cuvette removal	Function Neutral / Cost Decreases
ID 38	Team 2	Frame	J. Vila	Redesign frame E500 I and II to avoid nose mount brackets reinforcement	Functional Improvement / Cost Increases
ID 39	Team 1	Hoses and Fittings	M. López	Brass fitting redesign	Function Neutral / Cost Decreases

Figura 34: Proposta tercer escenari d'implementació

4) Comparativa

<u>Escenari 1 (Nou recobriment per al HE + Nova arquitectura Mecànica i Elèctrica)</u>

500K$ ~ 100$ estalvis / ea

- 100K$ ~ 20$ estalvis / ea
- 50K$ ≈ 10$ estalvis / ea (SOP Mar2024)
- 350K$ ≈ 70$ estalvis / ea (SOP Dec 2024)

<u>Escenari 2 (Nou proveïdor per al HE + Nova arquitectura Mecànica i Elèctrica)</u>

750K$ ≈ 150$ estalvis / ea

- 100K$ ≈ 20$ estalvis / ea (SOP Dec 2023)
- 300K$ ≈ 60$ estalvis / ea (SOP Jun 2024)
- 350K$ ≈ 70$ estalvis / ea (SOP Dec 2024)

<u>Escenari 3 (Mateix proveïdor i recobriment + Nova arquitectura Mecànica i Elèctrica)</u>

750K$ ≈ 150$ estalvis / ea

- 100K$ ≈ 20$ estalvis / ea (SOP Dec 2023)
- 650K$ ≈ 130$ estalvis / ea (SOP Dec 2024)

5) Selecció

Un cop observats els 3 escenaris, es pot veure que el segon i el tercer són els que proporcionen més estalvis, i a part d'això, el segon no està tan concentrat en l'últim quadrimestre de l'any, per això va ser aquest el seleccionat per a portar endavant fins a implementació en planta.

5.3.1. Negociacions amb el nou proveïdor

5.3.1.1. Problemàtiques que han sorgit [19]

DISSENY I MODIFICACIONS DEL MICROCANAL

La idea de treballar amb el "proveïdor 1" i no amb un altre proveïdor, és que aquest oferia crear un nou MCHE a mesura del consumidor per tal que no s'hagués de canviar res del marc de la maquinària ni de les concessions, i assegurar obtenir les mateixes condicions en carretera. Per altra banda, es va estudiar la possibilitat de treballar amb altres proveïdors, però la majoria d'aquests no oferien aquest avantatge, com per exemple el "proveïdor 2", que l'oferta presentada a Reftrans només oferia els MCHE que ja tenen predissenyats al seu catàleg.

El "proveïdor 1" va crear dos tipus de dissenys per tal de comparar entre si i amb el condensador actual. Un cop obtinguts els resultats dels tests de capacitat, era el moment de què TK escollis quin preferia per a continuar endavant amb un prototip per realitzar la resta de tests necessaris.

Date	2023/11/24
Customer Name	Thermoking
Region	EU
Country	Spain
Contact	Alessandro

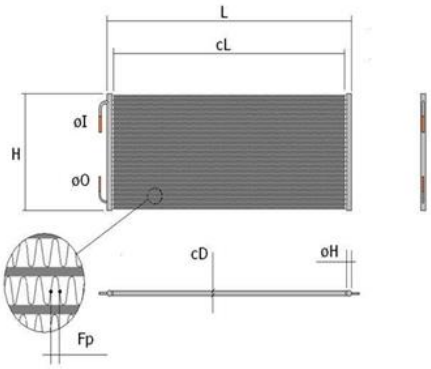

Figura 35: Característiques dels condensadors de prova

	Unit	Design Conditions	Option 1	Option 2
Model			25.4CTC-FPI20	20-FPI17-1G
Total length(L)	mm	998.4	998.4	998.4
Total height(H)	mm	219.5	218	218
Manifold diameter(Φ H)	mm		32	25
Fin width(cD)	mm		25.4	20
Fins Per Inch			20	17
Inlet connection(Φ I)	mm		Flange connection	Flange connection
Outlet connection(Φ O)	mm		Flange connection	Flange connection
Fin height	mm		7.6	8.1
Banks			1	3
No. of tubes			23	60
No. of passes			2	1
Pass Distribution			18 5	20 | 20 | 20
Refrigerant circuit				
Type of refrigerant		R134a	R134a	R134a
Heat rejection	KW	10.34	7.382	10.718
Inlet temperature	℃	90	90.0	90.0
Inlet abs. pressure	bar	12.30	12.30	12.30
Condensing temperature	℃	47.3	47.3	47.3
Subcooling	℃	4	3.95	3.92
Outlet temperature	℃		42.0	42.9
Flow rate	kg/h		126	185
Pressure drop	bar		0.402	0.141
Air side				
Inlet temperature	℃	35	35	35
Relative humidity	%	10~100	50	50
Face area	m^2		0.199	0.201
Flow rate	m^3/h		2503	2532
Velocity	m/s	3.5	3.50	3.50
Pressure drop	pa	89	78.40	136.00

Figura 36: Resultats dels tests de capacitat

Veient aquests resultats i que les dues opcions no arriben a la capacitat de refrigeració del condensador actual, TK ha escollit continuar endavant amb l'opció 1, ja que és més semblant a l'actual, i veure si és rendible aquest nou condensador.

Com que el "proveïdor 1" estava creant un MCHE personalitzat per a TK Barcelona, durant tot el procés de disseny, han anat sorgint una sèrie de dubtes sobre aquest, ja que la manera en què ells produeixen les peces no permet alguna sèrie de característiques que demanava TK.

Les dues modificacions que es van haver de fer al disseny del condensador van ser les següents:

- **Desplaçament d'un suport**

Originalment, el disseny que va crear el "proveïdor 1" tenia el suport on el condensador s'enganxa amb el marc de la màquina a l'altura del centre del col·lector, quan es va comparar amb el condensador actual es va veure que aquest havia d'estar més elevat, ja que sinó no era possible connectar-lo amb l'absorbidor de vibracions. A la següent imatge

s'entén d'una manera més clara

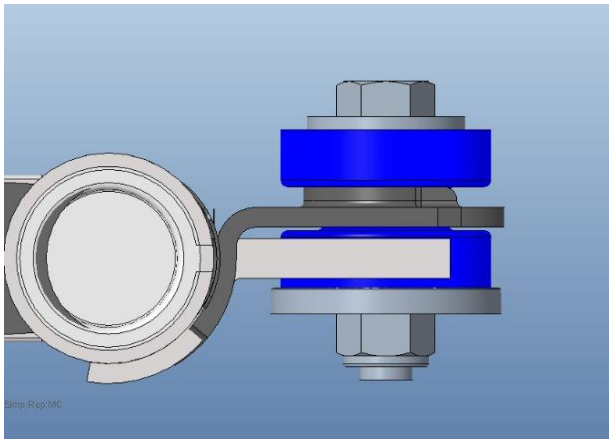

Figura 37: Comparativa de suports

La peça de color gris és la del disseny del "proveïdor 1", i s'ha de recol·locar a una posició semblant a la negra, ja que l'absorbidor de vibracions ha d'estar en aquella posició.

- **Morfologia de fixació**

El disseny original del condensador (el negre) té uns reversos als suports per tal que l'absorbidor de vibracions quedi perfectament ancorat al condensador i no tingui un cert joc. Als dissenyadors del "proveïdor 1" se'ls hi va ocórrer en comptes de fer-ho d'aquesta manera, augmentar el gruix de tot el suport i així fer una figura més simple i no tan propensa a defectes.

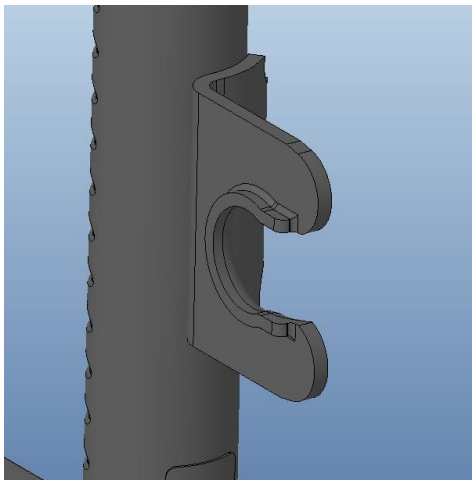

Figura 38: Disseny suport original

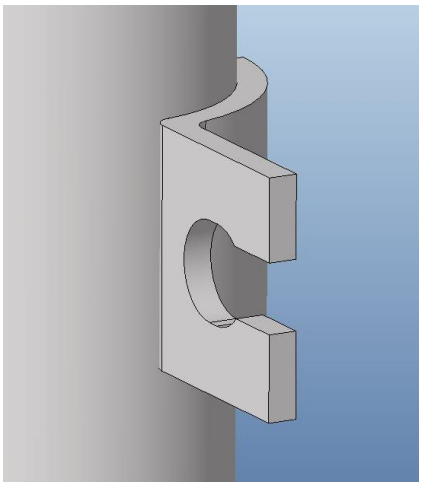

Figura 39: Disseny suport del "proveïdor 1"

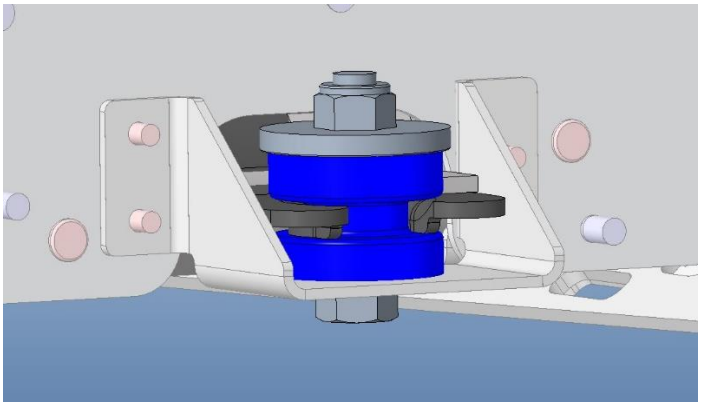

Figura 40: Ancoratge del condensador al marc i a l'absorbidor de vibracions

- **Diferències entre condensadors**

Taula 13: Diferències entre condensadors

	"PROVEÏDOR ACTUAL"	"PROVEÏDOR 1"
Nombre de tubs	22	23
Material	Alumini	Alumini
Amplada del tub	23.4	25.4
Altura del tub	1.4	1.3
Nombre de ports per tub	14	26
Diàmetre hidràulic dels ports	0.845	0.683

Parcel·la d'aleta [mm]	1.15	1.30
Altura d'aleta [mm]	7.62	7.60
Profunditat d'aleta [mm]	23.4	25.4
Àrea externa de transferència de calor [m2]	7.8334	8.4
Àrea de la cara (aletejada) [m2]	0.19	0.2
Disposició de passades	15 - 7	18 – 5

A la taula superior es troben les diferències entre el condensador actual ("proveïdor actual") i el nou disseny proposat del "proveïdor 1", es pot observar que hi ha petites diferències entre aquests dos. Per molt que s'hagi assolit un disseny que encaixa de manera idònia amb el marc de la màquina i no causi modificacions importants d'aquest, si els resultats dels tests no són bons per culpa de les diferències que hi ha entre aquests, s'haurà de descartar aquest proveïdor.

DUAL SOURCE AMB LA XINA i SOMI

Com ja s'ha comentat als requisits previs, com la planta de Barcelona forma part d'una gran cadena d'empreses, s'han de rebre certes aprovacions dels caps superiors. Durant aquests temps de negociació amb el nou proveïdor, van sorgir dos inconvenients per part dels propietaris de l'empresa.

1. Acord "Supplier Owned Managed Inventory Model" (SOMI)

Com el "proveïdor 1" ja és un proveïdor de TK, quan es fa una modificació d'aquestes, s'han de revisar els acords logístics actuals entre les dues empreses, i ha sorgit un inconvenient amb un d'ells.

L'acord SOMI és una estratègia de gestió de la cadena de subministrament destinada a impulsar l'estalvi de costos i reduir els nivells d'inventari formant una cadena de subministrament més lleugera. Facilita un enfocament basat en l'extracció que ajuda a evitar que l'excés d'inventari s'introdueixi a la cadena de subministrament [19].

En resum el que diu l'acord és que el proveïdor vol que TK es comprometi a comprar cada mes una quantitat acordada d'unitats sense fluctuar aquesta quantitat.

A part d'això hi ha un altre inconvenient que per exemple:

Si TK demana cada mes 5 unitats al "proveïdor 1", aquests van produint de 5 en 5 i mantenen un estoc de seguretat per poder cobrir aquesta demanda, i si un mes TK decideix demanar 20 en comptes de 5, el "proveïdor 1" patiria una ruptura d'estoc i hauria de fer una entrega ràpida a TK per tal de no parar la producció.

El problema està en el fet que TK no es vol fer responsable d'aquests possibles sobrecàrrecs per imprevists que els hi cobraria el "proveïdor 1" i entre les dues empreses no arriben a un acord.

2. Producció a la Xina

En aquests moments hi ha tensió entre la Xina i Taiwan, i es preveu una possible guerra entre aquests dos, a causa d'això, els caps de l'empresa TK estan intentant no usar proveïdors que el 100% de la seva producció és a la Xina si no tenen cap "pla d'escapada" per poder fabricar a un altre lloc.

Per un tema de política de l'empresa, es permet fer un "dual sourcing" amb dos proveïdors per les peces que es desitgen comprar, en aquest cas serien el "proveïdor actual" que fabrica a Polònia i s'encarregaria d'un 50/40% de la producció, i el "proveïdor 1" (nou) que té la seva fàbrica a la Xina i s'encarregaria del 50/60% d'aquesta. Per poder fer això, és indispensable que els nou proveïdor compleixi la norma de les 3 F's:

- Form: que la nova peça tingui la mateixa forma que l'anterior.
- Fit: que la nova peça encaixi a la màquina de la mateixa manera que l'anterior, ja que si no s'haurien de canviar parts de la màquina depenent de la peça muntada.
- Function: que compleixi la mateixa funció i nivells de capacitat.

MAJOR GRUIX DEL CONDENSADOR

Un cop signat el plànol de la peça definitiva per les dues parts, el "proveïdor 1" va començar a produir uns prototips per tal de poder fer els tests necessaris per assegurar el rendiment acordat i provar que el muntatge en màquina fos correcte.

En el moment en què han arribat aquests prototips a la planta de Barcelona, s'ha muntat una de les peces a dins d'una màquina per comprovar que el muntatge no era diferent. S'ha pogut veure que a causa del fet que el nou MCHE té una mica més de gruix que l'anterior, a l'hora de muntar-lo, una espuma de protecció contra col·lisions que va entre el condensador i un suport que fa que aquest quedi fix, no es pot col·locar al seu lloc correctament.

Figura 41: Problemàtica en el muntatge del condensador

Això s'ha hagut de solucionar modificant una mica aquest suport que està en contacte amb el MCHE, per tal que hi hagi una mica més d'espai i no sigui un problema a l'hora de muntar l'espuma entre aquest i el condensador.

El que s'ha fet és allargar els forats del suport una mica per tal que hi hagi un cert joc i quedi més elevat.

Figura 42: Suport original

Figura 43: Suport modificat

5.3.1.2. Pressupost

Després de totes les trucades i reunions de negociació sobre el disseny de la peça, el preu, les quantitats demanades, etcètera. El "proveïdor 1" va llençar una oferta a Reftrans, on s'especificaven diversos temes, però els aspectes més importants a destacar són:

1- El preu de cada unitat MCHE demanada és d'aproximadament una reducció del 57.15% si porta recobriment E.
2- Si el preu/kg de l'alumini fluctua, el "proveïdor 1" es reserva el dret de poder modificar el preu de l'oferta.
3- Compra mínima d'una capsa (30 unitats)

4- La garantia de les peces és de 36 mesos o 42 si porten recobriment E

Econòmicament, sembla que surt rendible, ja que el preu dels condensadors baixaria un 57% en canviar a aquest nou proveïdor.

5.3.1.3. Resultats dels tests dels prototips

Anteriorment, s'han comentat quins eren els tests més importants. A continuació hi ha algun exemple de cadascun d'ells per tenir una idea de com haurien de sortir els resultats dels tests que s'estan duent a terme avui en dia amb el nou condensador de MCHE.

No tots son comparables amb els actuals ja que no estan fets amb un condensador amb les mateixes característiques.

Prova d'esclat de pressió

Serveix per comprovar que el condensador aguanta els 12.8 MPa com a mínim durant un minut per seguretat.

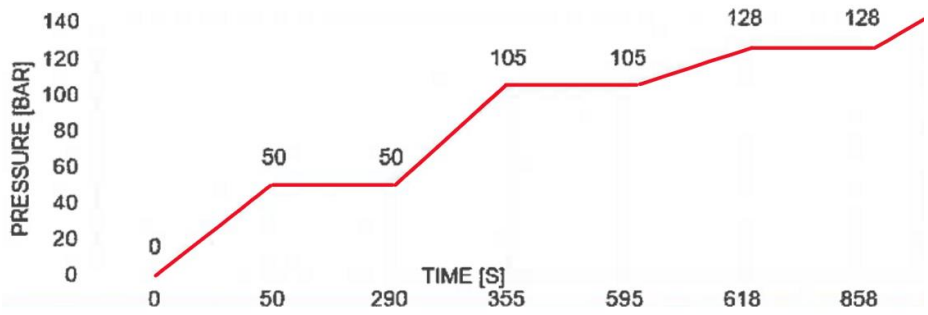

Figura 44: Evolució de la pressió amb el temps

Figura 45: Exemple de fallada en l'esclat de pressió

Test de corrosió

Serveix per comprovar si després de 42 dies amb aigua de mar sintètica acidificada el

condensador es manté sense fuites.

Figura 46: Exemple de condensador després de la corrosió

Prova de capacitat o prova de flux d'aire

Serveix per veure quina és la capacitat de refrigeració que pot aportar el condensador.

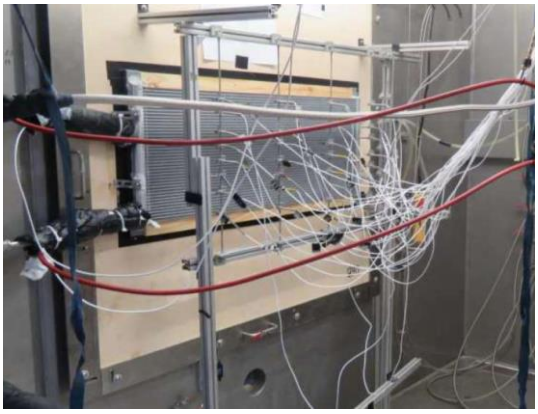

Figura 47: Disposició del condensador al túnel de vent

Taula 14: Mesures obtingudes a la prova de flux d'aire

Flux de massa de refrigerant [kg/h]	Rendiment del refrigerant [kW]
316.87	18.64
285.23	16.75
215.15	12.56
251.36	14.71
171.12	9.97

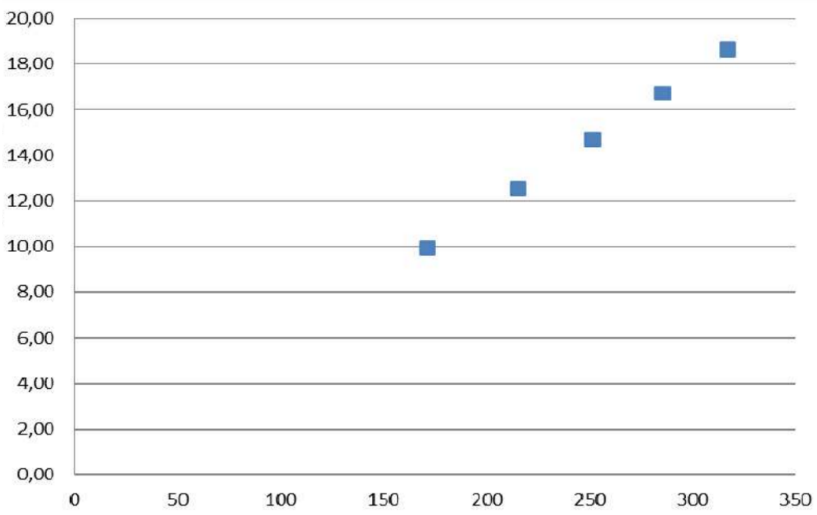

Figura 48: Rendiment del refrigerant [kW] vs Flux de massa de refrigerant [kg/h]

Anàlisi metal·logràfica

Serveix per comprovar que la peça està ben fabricada i se sol fer després del test de corrosió per veure també fins on ha arribat aquesta.

Junta tub-col·lector: Dissolució màxima 30%, longitud total sense soldar (porositat) màxim 50%, erosió màxima 10%

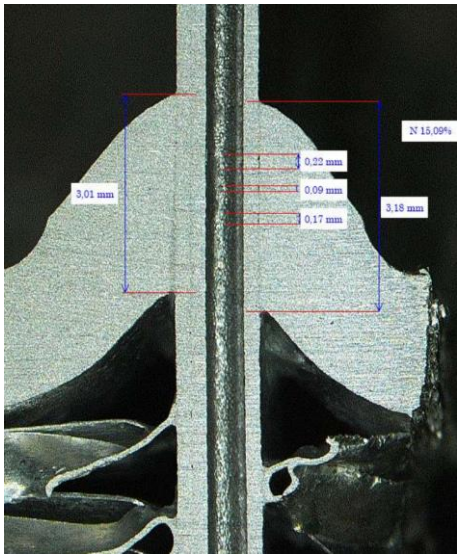

Figura 49: Metal·lografia tub-col·lector

Separador-col·lector: Longitud total soldada mínim 75%

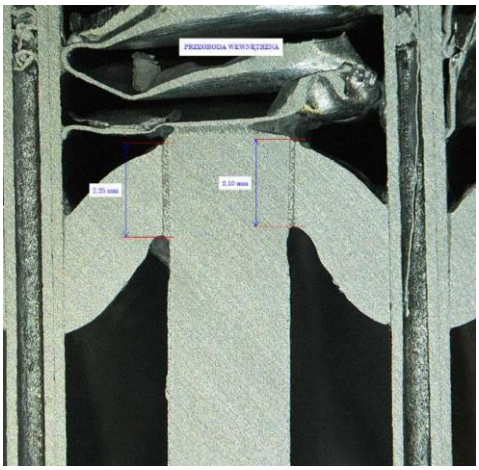

Figura 50: Metal·lografia separador-col·lector

<u>Acoblament del bloc</u>: Longitud total soldada mínim 80%.

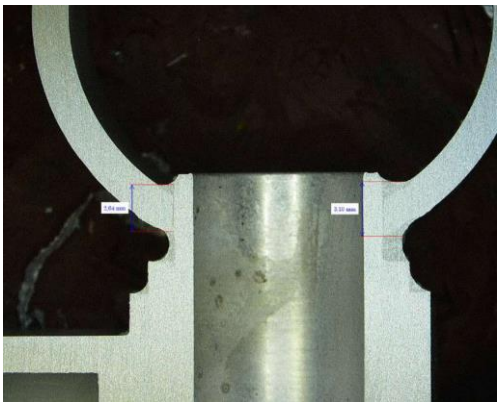

Figura 51: Metal·lografia acoblament del bloc

<u>Suport</u>: Cada suport ha de tenir el 50% de les costures completes (a la vora superior i inferior) i el 70% de la costura completa a la vora lateral.

Figura 52: Metal·lografia suport

Prova d'obstrucció

Serveix per veure com afectarà al llarg del temps les partícules que hi ha a l'aire i que a poc a poc s'aniran enganxant al condensador.

Taula 15: Característiques de la prova d'obstrucció

Velocitat del vent [m/s]	Caiguda de pressió abans de la càrrega [Pa]	Caiguda de pressió després de la càrrega [Pa]	Pols injectada [g]	Concentració [mg/m3]	Sedimentació en conducte [g]
2.5	155	203	945	210	240

Taula 16: Resultats de la prova d'obstrucció

Pols injectada [g]	Caiguda de pressió [Pa]
0	155
119	182
242	189
352	191
443	194
592	198
731	201
862	203
945	203

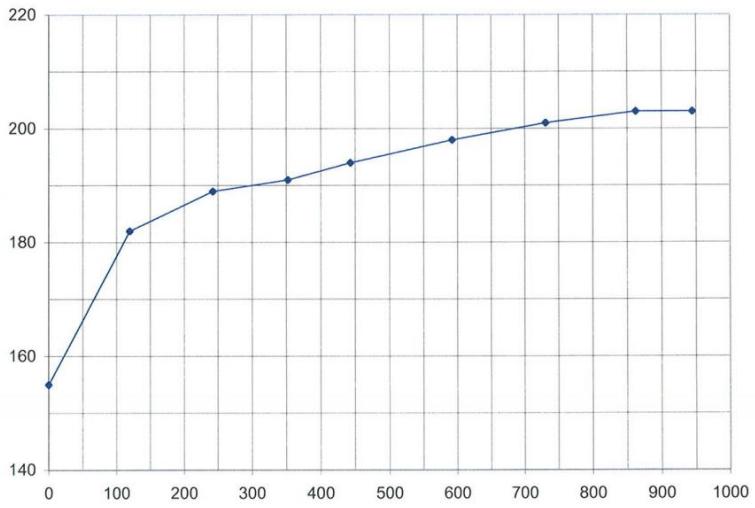

Figura 53: Caiguda de pressió [Pa] vs Pols injectada [g]

Neteja interna

Serveix per observar com es de net el procés de fabricació de la peça i si aquest deixa partícules molt grans dins del condensador això, afectarà la seva capacitat o a possibles danys interns.

Figura 54: Partícula metàl·lica més llarga (2141 µm x 410 µm)

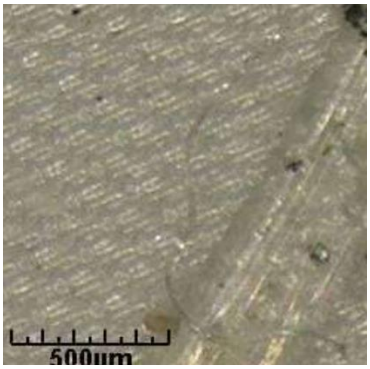

Figura 55: Partícula no metàl·lica més llarga (5049 µm x 492 µm)

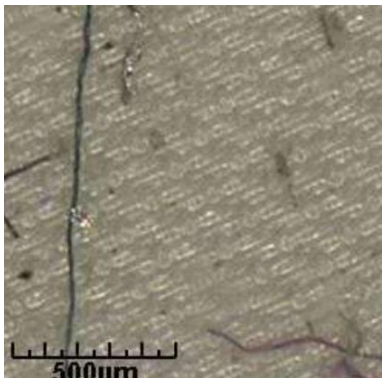

Figura 56: Fibra més llarga (3215 µm)

5.3.2. Futura entrada a producció

Si tots els tets surten bé, un cop finalitzin els de la planta de TK a Praga, es començaran a un laboratori extern a Praga mateix el test d'esclat i a continuació el metal·logràfic i en paral·lel s'haurà d'acabar el test de flux d'aire.

Un cop s'hagin fet aquests tests, es demanarà un Procés d'aprovació de parts de productes (PPAP) que trigaria pocs dies, per a les modificacions que es desitgen fer als suports de l'apartat 5.3.1.1 i un cop s'acabi aquest ja començarà la producció en cadena amb el "proveïdor 1".

6. Planificació

A continuació es mostra un diagrama de Gantt de la planificació que s'ha fet alhora de la redacció del treball.

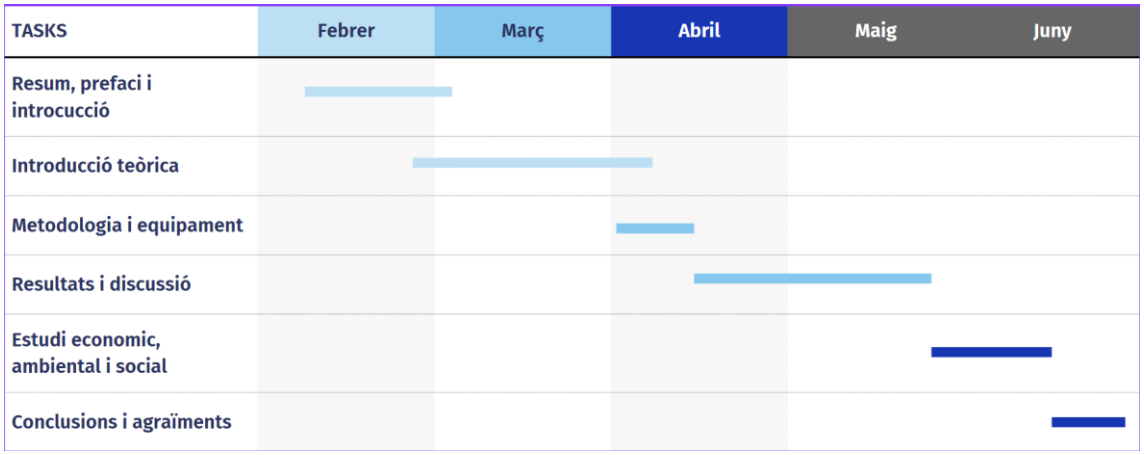

Figura 57: planificació del treball

Com ja era de suposar, la introducció teòrica i els resultats i discussió són els punts del treball que més temps han ocupat, el primer és pel fet que per tal que el lector entengui bé el treball cal que estigui al dia de tot el que envolta el projecte.

Pel que fa a la discussió de resultats, aquesta part del treball és la més extensa, ja que mostra tot el procés d'implementació d'aquest projecte i explica les problemàtiques que estan sorgint.

Respecte a la planificació del projecte, es pot esmentar una mica, però no de manera exacta perquè tots els processos no es poden saber el que duraran.

L'esdeveniment va tenir lloc al juliol de 2023, i durant l'agost es va realitzar la classificació i selecció d'idees. A finals del 2023 TK Barcelona va començar a demanar ofertes als possibles proveïdors i a negociar amb aquests.

Durant l'inici del 2024, TK es va escollir el "proveïdor 1" com a possible candidat i a poc a poc van anar definint el disseny per tal de fer 5 prototips. Al maig van arribar els 5 primers prototips a Barcelona i 3 d'ells es van enviar a TK Praga, un al "proveïdor 1" i l'altre es va quedar a TK Barcelona per tal de començar els tests en paral·lel.

En principi els tests de Praga finalitzen al final de juny juntament amb els que s'estan fent al "proveïdor 1". Un cop aquests finalitzin s'efectuaran els de la planta de TK Barcelona i si tots els resultats són els esperats, se seguirà cap endavant el projecte informant l'actual proveïdor que es durà a terme el "dual sourcing".

Es començaria la producció en cadena, per tant, el projecte hauria de finalitzar aproximadament al setembre de 2024, a partir d'aquesta data l'empresa ja començaria a veure els beneficis d'aquest projecte.

Les meves tasques dins d'aquest projecte no han estat moltes, pel fet que em vaig incorporar a l'empresa a l'inici d'aquest quadrimestre per a treballar com a assistent d'enginyeria en practiques. La meva gran tasca ha estat ajudar a detectar les diferències entre els dos dissenys de MCHE, i fer la prova de muntatge en màquina, a la qual es va detectar que per culpa de l'augment de gruix, l'espuma no es podia col·locar en la posició corresponent. Juntament amb uns companys vam arribar a la modificació en el disseny del suport de l'apartat 5.3.1.1 per a poder continuar endavant a pesar d'això.

7. Estudi econòmic

A continuació es fa un petit estudi econòmic dels diners que costaria dur a terme aquest projecte tenint en compte que es treballen 8 h/dia i el projecte dura aproximadament 1 any, de juliol de 2023 fins a Julio de 2024.

Taula 17: Estudi econòmic

Concepte	Descripció	Preu
Salari d'un equip de 5 enginyers	$\frac{250\ dies}{any} * \frac{8\ hores}{dia} * \frac{15\ €}{hora} * 5$	150.000 €
Cost de l'esdeveniment	Només el càtering	500 €
Cost dels prototips (5+5)	Només es cobra el transport $\frac{1225\ €}{enviament} * 2$	2450 €
Cost dels tests	1000 €/ea corrosió (2 peces) 1500 €/ea metal·logràfic (1 peça) $\frac{1000\ €}{unitat} * 2 + \frac{1500\ €}{unitat}$	3500 €

En total l'empresa ha hagut d'invertir un total de 156.450 € per poder dur a terme aquest projecte, que tenint en compte un 21% d'IVA acaba costant 189.304 €. Se sap que el projecte només donaria uns 400.000 € de benefici per any aproximadament, més del que se suposava, ja que per màquina hi ha uns estalvis d'un 33.33% més dels que es preveien i aproximadament una venda de 7000 unitats per any. Inicialment, sembla molt car de dur a terme, ja que la inversió inicial és aproximadament la meitat dels beneficis que aportaria.

Però aquests estalvis els tenim cada any, per tant, no és un cost tan elevat realment, sembla que econòmicament sí que seria rendible fer aquesta inversió. Per comprovar-ho es calcula el retorn sobre la inversió (ROI) i es demostra que sí que és rendible [20].

$$ROI\ (\%) = \frac{Benefici - Inversió}{Inversió} * 100$$

$$100 * \frac{400000 - 189304}{189304} = 111.30\%$$

8. Estudi ambiental

8.1. Tecnologia microcanal

Els condensadors amb tecnologia de tubs i aletes (T&A) són components tradicionals en molts sistemes de refrigeració i aire condicionat (HVAC). Durant els últims anys, hi ha hagut una transició cap a una nova tecnologia de microcanal coneguda com a MCHE. Aquesta transició ha tingut diverses implicacions favorables per al medi ambient explicades a continuació:

8.1.1. Eficàcia de l'ús del refrigerant

8.1.1.1. Menor quantitat i pèrdues de refrigerant:

Els condensadors de MCHE utilitzen canals més petits per transportar el refrigerant, cosa que permet una distribució més eficient del refrigerant dins del sistema. Això es veu reflectit en una reducció significativa de la quantitat total de refrigerant necessari per a un bon funcionament de fins al 50% d'aquest. Menys refrigerant significa menys risc d'emissions accidentals de substàncies que contribueixen al canvi climàtic.

A més de necessitar una quantitat inferior de refrigerant, els condensadors MCHE acostumen a ser més hermètics i menys propensos a fuites. Aquestes no només redueixen l'eficàcia del sistema, sinó que també contribueixen directament a l'escalfament global.

8.1.2. Eficiència energètica

8.1.2.1. Millora de l'eficiència tèrmica i reducció d'emissions de CO2:

Com que els MCHE tenen una major superfície de contacte per volum de refrigerant, cosa que millora la transferència de calor i augmenta l'eficiència del sistema. Els sistemes més eficients consumeixen menys energia per assolir els mateixos resultats.

Com la demanda energètica d'aquests sistemes és menor, implica menys producció d'energia i, en conseqüència, una reducció de les emissions de CO2.

8.1.3. Producció i materials

8.1.3.1. Ús de materials i reciclabilitat:

Majoritàriament, els MCHE estan fets d'alumini, mentre que els de T&A solen utilitzar una combinació de coure (tubs) i alumini (aletes). La producció d'alumini té un impacte ambiental significatiu, però també és més fàcil de reciclar, això redueix la necessitat

d'extracció de nous materials. A més, el procés de fabricació és sovint més eficient i pot produir menys residus.

8.1.4. Longevitat i manteniment

8.1.4.1. Vida útil més llarga:

Això es dona gràcies a la seva construcció robusta i la seva resistència a la corrosió. Una vida útil més llarga implica menys reemplaçaments i, per tant, menys demanda de nous materials i producció, reduint l'impacte ambiental associat a la fabricació de components de recanvi.

Com tenen una construcció més robusta, aquests sistemes tendeixen a necessitar menys manteniment i són menys susceptibles a problemes com les fuites, el que provoca menys intervencions tècniques i menys risc d'emissions durant les reparacions.

8.1.5. Càlcul de la reducció emissions de CO2

Agafant com a exemple un sistema d'aire condicionat estàndard que consumeix 3kW de potència i millorem l'eficiència en un 30% utilitzant un condensador MCHE, el consum d'energia es redueix a 2.1kW.

Assumint que el sistema opera durant 2000 hores/any i que la generació d'electricitat produeix aproximadament 0.5 kg de CO2 per kW es pot calcular aquesta reducció de la següent manera:

Tubs i aletes:

$$3kWx\frac{2000h}{any}=\frac{6000kWh}{any}$$

$$\frac{6000kWh}{any}x\frac{0.5kgCO2}{kWh}=\frac{3000kgCO2}{any}$$

Microcanal:

$$2.1kWx\frac{2000h}{any}=\frac{4200kWh}{any}$$

$$\frac{4200kWh}{any}x\frac{0.5kgCO2}{kWh}=\frac{2100kgCO2}{any}$$

Reducció en emissions de CO2:

$$\frac{3000kgCO2}{any}-\frac{2100kgCO2}{any}=\frac{900kgCO2}{any}$$

A continuació es fa el càlcul de la reducció del refrigerant, si s'assumeix que es redueix un 50% la carrega i aquest és R134a que té un potencial d'escalfament global (GWP) de 1430, això representen els kg de CO2 equivalents.

Tubs i aletes (2kg):

$$2kg\ x\ 1430\ kgCO2eq = 2860\ kgCO2eq$$

Microcanal:

$$1kg\ x\ 1430\ kgCO2eq = 1430\ kgCO2eq$$

Reducció en emissions de CO2:

$$2860\ kgCO2eq - 1430\ kgCO2eq = 1430\ kgCO2eq$$

Per tant, si sumem aquestes dues reduccions, en aquest exemple passar de tubs i aletes a microcanal suposa una reducció de 2330 kgCO2 emesos al medi ambient.

Que representa una reducció del 66.006% de les que s'emetrien amb un condensador T&A.

8.2. Reftrans – Thermo King [21]

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'empresa Reftrans és un distribuïdor dels productes de Thermo King, i com a empresa que ven maquinàries que treballen amb refrigerants que poden ser contaminants i no favorables per al medi ambient, cada cert temps va renovant unes declaracions segons es compromet a la neutralitat de carboni.

Per verificar el compromís de la neutralitat de carboni de Reftrans, es va contractar una empresa anomenada LRQA la qual va fer un estudi que cobria les operacions i activitats de Reftrans, i declina qualsevol responsabilitat davant les activitats de tercers.

A la següent taula hi ha un resum de la declaració feta l'any 2022.

Taula 18: Resum de l'Empremta de Carboni del 2022 i Accions implantades per assolir la neutralitat en emissions GEH

Emissions directes de GEH, les emissions indirectes de GEH de l'energia (procedents de l'electricitat importada) i altres emissions indirectes de GEH relacionades amb la gestió de residus verificats segons ISO 14064-1	141 T de CO2 equivalents

Accions implantades per a la neutralitat en emissions GEH: Emissions de GEH que s'han compensat en projectes del Programa voluntari de compensació d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de la Generalitat de Catalunya	150 T de CO2 equivalents

Per tant, s'ha comprovat que Reftrans ha emès un total de 141 T de CO2 equivalents, però, per altra banda, mitjançant projectes que pertanyen al programa voluntari de compensació d'emissions de gasos amb efecte Hivernacle de la Generalitat de Catalunya, han aconseguit estalviar-se l'emissió de 150 T de CO2.

Un cop finalitzat aquest estudi LRQA declara que Reftrans ha implantat les accions necessàries per assolir la neutralitat en carboni de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GHE).

A part d'això, l'empresa TK està certificada amb la ISO14001 i com a productors neutres de carboni, també han sigut la primera empresa a comercialitzar el refrigerant R452a amb un nivell baix de GWP.

La ISO14001 aconsegueix que les empreses puguin demostrar que són responsables i estan compromeses amb la protecció del medi ambient. Ho aconsegueixen mitjançant la gestió dels riscos mediambientals que puguin sorgir del desenvolupament de l'activitat empresarial [22].

9. Estudi social i d'igualtat de gènere

En aquest projecte, que se centra en l'estudi de la reducció de costos de material a l'empresa Thermo King, es considera que el gènere de la persona encarregada de portar-lo a terme és irrellevant.

Per poder fer realitat aquest projecte, s'ha hagut de passar per molts dels departaments de l'empresa per obtenir aprovacions, consells, o bé, que facin la part que els hi pertoca. Tot i que l'equip d'enginyeria està majoritàriament format per homes, la planta en conjunt manté un equilibri molt positiu entre treballadors de diferents gèneres. En relació amb la diversitat de la seva plantilla, Thermo King demostra una actitud oberta i inclusiva.

10. CONCLUSIONS

Amb aquest treball s'ha intentat reflectir tot el procés que està seguint l'empresa Thermo King per reduir el cost d'una unitat de transport refrigerat a partir d'introduir modificacions al condensador de la unitat refrigeradora.

Les conclusions extretes d'aquest projecte són les següents:

En una empresa d'aquesta magnitud, les decisions quan es desenvolupen projectes, no es prenen solament d'acord amb decisions tècniques i econòmiques. L'empresa ha decidit oficialment descartar el "proveïdor 1" com a opció, ja que el condensador que havia dissenyat aquest proveïdor té algunes característiques diferents de l'actual i no aconsegueix arribar a la capacitat desitjada, tot i que un factor que també ha sigut determinat per descartar-lo és el fet que no es va arribar a un acord amb el "proveïdor 1" per al contracte del SOMI.

A part d'això, s'ha rebut una nova oferta per part del "proveïdor 2" (el qual en principi s'havia descartat perquè només oferien els condensadors predissenyats del catàleg) en la que aconseguien dissenyar un condensador exactament igual a l'actual. L'única diferència que presenta aquest disseny és que el condensador torna a ser una mica més gruixut, fet que s'hagués resolt amb l'oferta del "proveïdor 1". El més determinant d'aquesta oferta i que ha sigut definitiu és que amb el "proveïdor 2" no hi ha el problema del contracte del SOMI, ja que aquesta empresa no demana aquesta condició.

Per tant, es pot concloure que aquest projecte per bé que té un interès significatiu, en certa manera dona una pas enrere, ja que en canviar de proveïdor s'han de tornar a fer tots els tests amb el nou condensador de MCHE del "proveïdor 2" i això fa que es retardin els beneficis potencials que tindrà l'empresa amb d'implementació d'aquest projecte, a part de l'encariment en el pressupost que ha suposat haver de tornar quasi a començar.

11. Bibliografia

[1] Webmaster, «La técnica VAVE ofrece productos más económicos y con más prestaciones,» 18 septiembre 2017. [En línia]. Available: https://economia3.com/2014/11/26/35035-la-metodologia-vave-ofrece-productos-con-mas-prestaciones-y-mas-economicos/.

[2] CoolProyect, «Entendiendo el circuito frigorífico (Nivel Básico),» YouTube, 18 agosto 2018. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=BOPXyG89Pfc.

[3] Climatedoctors, «R-134A Refrigerant 30lb cylinder jug,» [En línia]. Available: https://www.climatedoctors.com/products/r134a-r-134a-refrigerant-30lb-cylinder-jug.html.

[4] LowcostPorElAire, «¿Qué es el evaporador en el aire acondicionado?,» [En línia]. Available: https://lowcostporelaire.com/blog/46_Que-es-el-evaporador-en-el-aire-acondicionado.

[5] T. K. Europe, «Best practices: Refrigeration basics,» Vimeo, 18 junio 2024. [En línia]. Available: https://vimeo.com/190564101.

[6] SanhuaEurope, «MCHE, Sanhua Micro Channel,» YouTube, 20 agosto 2013. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=9VX-PAT2D9I.

[7] T. K. Europe, «Best practices: airflow,» Vimeo, 14 junio 2024. [En línia]. Available: https://vimeo.com/190580407.

[8] Acaire, «Conferencia: Tecnología microcanal en unidades condensadoras Danfoss,» YouTube, 30 marzo 2022. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ZPwfzFT8lBM.

[9] Heatcraftrpd, «Air-Cooled Condenser with Microchannel Coil Technology,» YouTube, 24 junio 2014. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=BIaC7woq_sM.

[10] I. SAS, «Serpentines micro canal aire acondicionado y refrigeración,» YouTube, 21 marzo 2019. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=kSNRyxYu5Vg.

[11] SkillCat, «All about Microchannel Condenser | Refrigeration Equipment Course | SkillCat,» YouTube, 25 agosto 2021. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=TM693DubuGw.

[12] Danfoss, «Increased Savings with microchannel heat exchangers,» [En línia]. Available: https://assets.danfoss.com/documents/95094/AD137686438157en-020401.pdf.

[13] Danfoss, «Intercambiadores de calor de microcanales,» Danfoss, [En línia]. Available: https://www.danfoss.com/es-es/products/dcs/heat-exchangers/micro-channel-heat-exchangers/#tab-overview.

[14] S. Europe, «Intercambiador de calor microcanal - MCHE™,» Sanhua, [En línia]. Available: https://www.sanhuaeurope.com/es/productos/sanhua-mche/intercambiador-de-calor-microcanal-mche.

[15] M. HVAC&Refrigeration, «Unidades Condensadoras con Microcanal,» 14 julio 2014. [En línia]. Available: https://www.mundohvacr.com/2009/11/unidades-condensadoras-con-microcanal/.

[16] Sanhua, «Sanhua Micro Channel Heat Exchanger Installation & Maintenance Manual,» [En línia]. Available: https://cdn.sanhuaeurope.co.uk/new_content/static/uploads/files/installation_instructions/es/mche-installation-and-maintenance-manual-a5-1658825449.pdf#find-technical-info.

[17] D. C. Solutions, «Micro Channel Heat Exchanger technology | A whole new level of system efficiency,» YouTube, 26 febrero 2021. [En línia]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=mq454vJA0c8.

[18] T. K. Barcelona, «Documents de la planta de barcelona (alguns confidencials)».

[19] K. (. Edwards, «SOMI - Supplier Owned & Managed Inventory Model - Superior Freight Services Inc.,» Superior Freight Services Inc., 21 abril 2014. [En línia]. Available: http://supfrt.com/news/2014/04/21/somi-supplier-owned-managed-inventory-model/.

[20] Zendesk, «¿Cómo calcular el ROI en 1 minuto? Fórmula con ejemplos,» 21 diciembre 2023. [En línia]. Available: https://www.zendesk.com.mx/blog/roi-como-calcular-sacar/.

[21] T. King, «Soluciones Sostenibles; Thermo King,» [En línia]. Available: https://europe.thermoking.com/es/sustainable-solutions.

[22] R. (. Toro, «¿Qué es y para qué sirve la norma ISO 14001? - Nueva ISO 14001,» 22 mayo 2024. [En línia]. Available: https://www-nueva--iso--14001-com.translate.goog/2018/04/norma-iso-14001-que-es/?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=ca&_x_tr_hl=ca&_x_tr_pto=wapp.