

Lliçó Inaugural  
Curs Acadèmic 2020-2021

DISSENY FORMAL D'ARQUITECTURES COMPUTACIONALS.  
EL PROJECTE OZONOTECNIA



per  
Juan Manuel García Chamizo  
Catedràtic d'Arquitectura i  
Tecnologia de Computadors



Universitat d'Alacant  
24 de setembre de 2020

# Lliçó Inaugural

## Curs Acadèmic 2020-2021

Universitat d'Alacant



# DISSENY FORMAL D'ARQUITECTURES COMPUTACIONALS EL PROJECTE OZONOTECNIA

JUAN MANUEL GARCÍA CHAMIZO  
CATEDRÀTIC D'ARQUITECTURA I TECNOLOGIA DE COMPUTADORS

a intuïció i fins i tot la revelació i la inconsciència poden ajudar a obtenir solucions empíriques induïdes per l'experiència, la convicció, el prestigi o altres causes.

Després, tant l'observació com la inspiració i l'instint són benvinguts.

## Taula de contingut

Reconeixement .....	3
Introducció .....	4
Statu quo de l'arquitectura de computadores .....	4
El projecte OzonoTecnica .....	5
Disseny analític .....	8
La ensalada de les qüestions .....	9
Disseny orientat a model .....	10
Disseny instrumental orientat a l'arquitectura .....	12
L'arquitectura d'OzonoTecnica .....	15
Consideracions .....	18
Referències .....	18

## Reconeixement

OzonoTecnica i Mayéutica són dos projectes finançats per l'Agència Valenciana de la Innovació —AVI— a través de la Unitat Científica d'Innovació Empresarial Ars Innovatio —UCIE Ars Innovatio—, de la Universitat d'Alacant [1].

## Introducció

Immersa la societat en un fenomen sanitari descomunal, que irradia efectes desastrosos cap a tots els elements de l'entramat social i humà en qualsevol dels seus aspectes, amb intensitat i duració que encara no tenim capacitat d'advertir, des de la nostra universitat, que va patir una de les primeres pèrdues en la persona de la nostra benvolguda companya Olivia Manzanaro, postulem que és possible contribuir proactivament en la contenció de la pandèmia des de cadascun dels àmbits del saber.

Això inclou les enginyeries, el centre de referència de les quals a la Universitat d'Alacant, l'Escola Politècnica Superior, per mitjà del seu director, m'encomana l'honor de pronunciar la dissertació que estic intentant canalitzar.

De totes, la informàtica, disciplina amb transversalitat instrumental universal, està cridada a ser l'enginyeria protagonista en la contenció de la COVID-19, ja que pot aportar avenç en totes les àrees de la vida personal i del progrés de la societat.

Em propose il·lustrar el mètode a seguir per a prendre les decisions que requereixen les solucions a problemes computacionals de talla elevada, exemplificat mitjançant el projecte OzonoTecnia:

*Sistema d'intel·ligència ambiental per a reduir, extracorporalment, la càrrega vírica circumdant. Això és, tecnologia d'internet de les coses per a purificar, mitjançant ozó confinat, siga l'aire de recintes, ssiga el de la respiració individual —màscares, caretes, etc.*

### *Statu quo de l'arquitectura de computadors*

Les arquitectures computacionals guanyen en rigor i en eficàcia a mesura que l'aportació de l'enginy va pesant menys a canvi que guanye protagonisme la sistematització, dins de l'activitat de disseny. D'ací la pertinència de proposar un mètode formal perquè l'enginyer prenga decisions ben fonamentades en el seu ofici de dissenyar computadors, més pròpiament, arquitectures computacionals [2].

Atès que el d'arquitectura computacional és un dels conceptes més abstractes de la disciplina informàtica, o potser per això mateix, el desenvolupament fabulós de les tecnologies sobre les quals se suporta, maquinari i programari, ha cristal·litzat en solucions altíssimament estandarditzades, fins al punt que un mateix element pot trobar utilitats insospitadament diferents [3] [4] [5].

*Siga per a formar part del pilot automàtic d'un avió, siga d'un videojoc.*

Així, la percepció externa del sistema informàtic —funcionalitat— es distancia considerablement de la visió interna —capacitat per a proporcionar aquesta utilitat— que emana, en darrera instància, de la seua estructura i organització [6][7].

*Aquest últim és el concepte d'arquitectura computacional.*

La molt alta escala d'integració i els subsegüents avanços miniaturitzadors van fer viables les topologies d'imbricació recurrent

entre capes arquitecturals maquinari i programari, i van contribuir definitivament a esclarir que arquitectura computacional és un concepte sofisticat sobre com obtenir utilitat estructurant i organitzant adequadament els elements tecnològics. El mètode de disseny d'arquitectures computacionals que aborda aquesta dissertació ha donat lloc a Mayéutica:

*Ajust programari de desenvolupament arquitectural de projectes per a facilitar a l'enginyer la presa de decisions que menen a resoldre els problemes de què s'ocupa.*

La versió actual és un prototip, encara molt restringit, que opera com a assistent, i que guia causalment les decisions motivades de disseny [8].



Figura 1. Pantalla d'inici de sessió en Mayéutica.

### *El projecte OzonoTecnia*

l'inspira és desenvolupar instrumentalment per a atacar extracorporalment aquest virus quan encara es troba en l'ambient, de manera preventiva, és a dir, abans que infecte les persones. L'actuació extracorporal permet utilitzar recursos de màxima contundència justament quan el virus té més minvada la infectivitat.

La purificació de l'aire es basa en les següents propietats que té l'ozó:

- Germicida per a patògens microbiològics —fongs, bacteris, espores, virus, etc.
- Letal per a àcars, mosquits, altres insectes i, fins i tot, petits rosegadors.

- Neutralitzador de les substàncies tòxiques —gasos de la combustió—, de les al·lèrgenes —pol·len, etc.— i de les que són pudents.

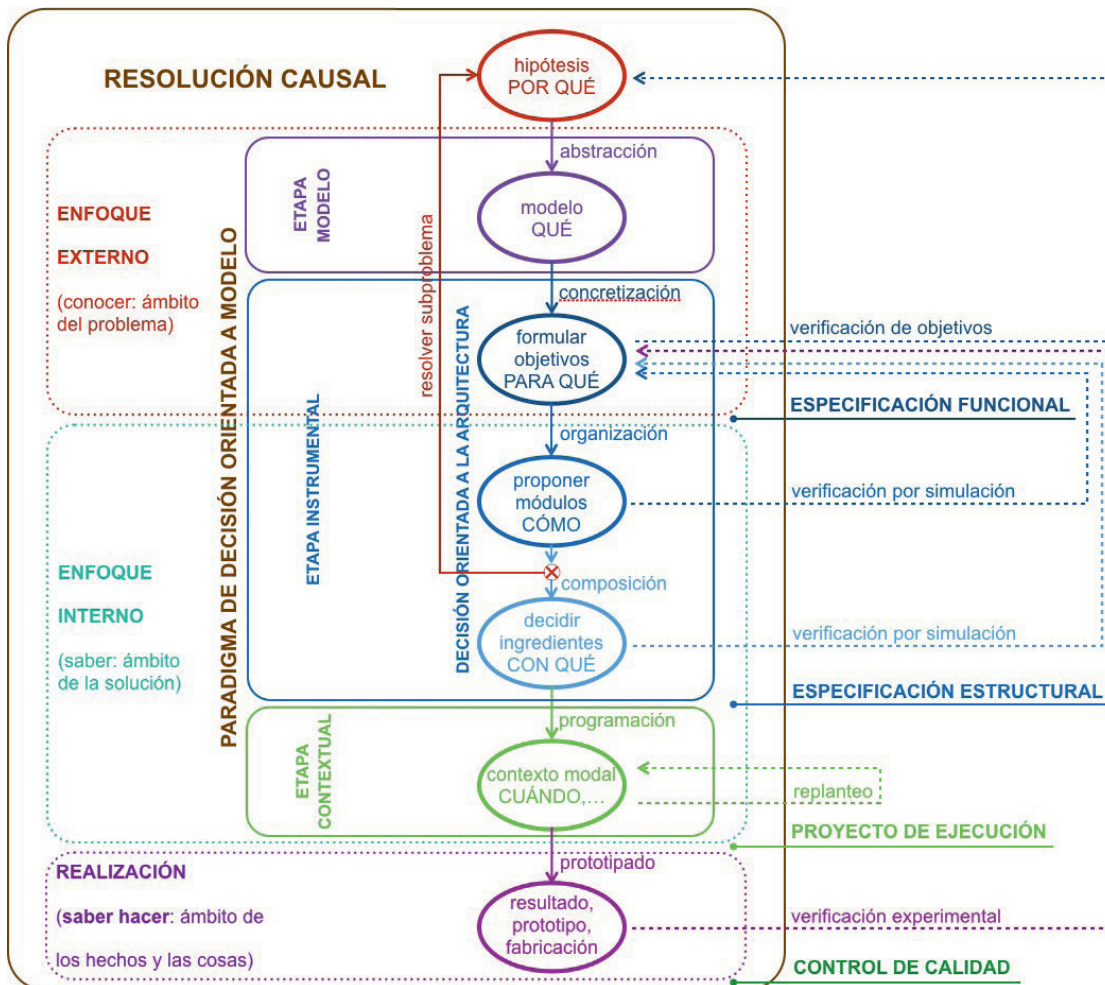


Figura 2. Sinopsi algorítmica del sistema Mayèutica que conté les fases, etapes i fites de verificació.



Com que es tracta d'explotar la toxicitat de l'ozó, és fonamental garantir la innocuïtat per a les persones —impedint el contacte— i per al medi ambient. Aquest repte medul·lar del projecte es resol mitjançant el control digital de la generació de l'ozó, el seu confinament en un volum controlat dins d'un flux d'aire i el monitoratge que el confinament és efectiu.

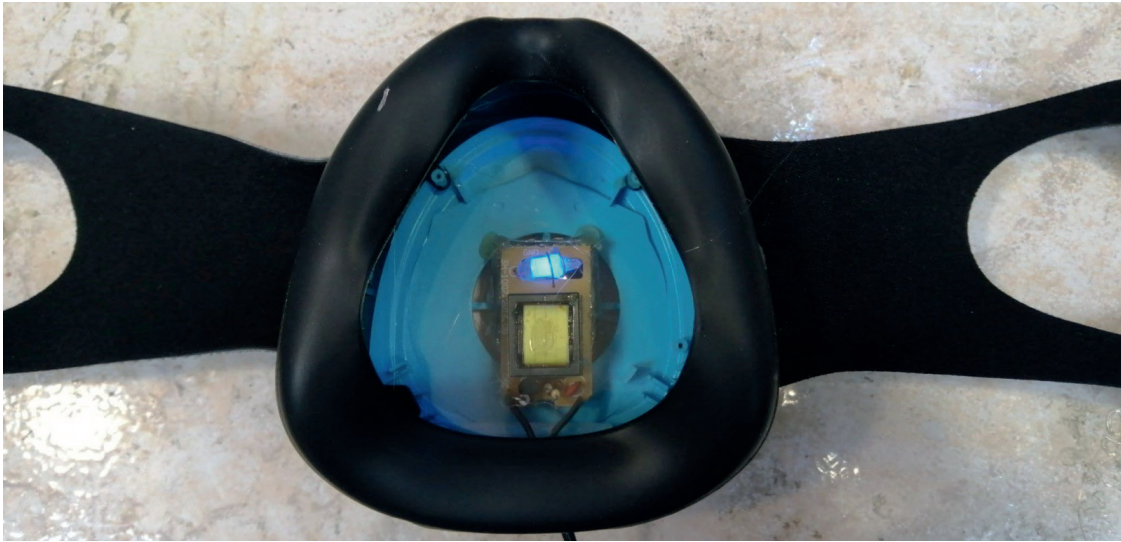


Figura 3. Prototip de la versió per a flux unidireccional de l'ozonitzador confinat. Miniaturització germicida implantada en màscara respiratòria per a purificar l'aire que exhalehen les persones infectades.

La motivació que dóna lloc al projecte està establida mitjançant la qüestió: per què emprendre el projecte OzonoTecnia?

- Motivació preceptiva, que emana de les expectatives del promotor:  
*Per prevenció per a la salut mitjançant intervenció extracorporal de màxima contundència per a mantenir baix el nivell d'infectivitat.*
- Motivació innovadora, per a avançar sobre l'estat de l'art [9]:  
*Per alineament amb l'Agenda 2030 —ODS 3. Salut i benestar; ODS 9. Indústria, innovació i infraestructura; i ODS 11. Ciutats i comunitats sostenibles.*
- Motivació facultativa, subjectiva de l'enginyer dissenyador:  
*Per contribuir al progrés de la salut pública.*

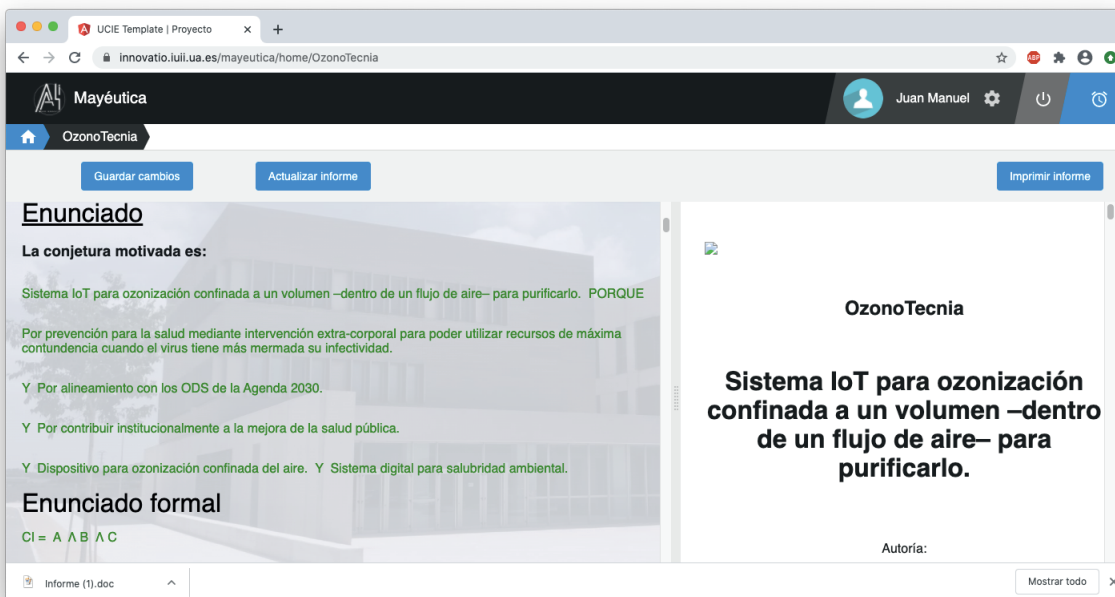


Figura 4. Motivació d'OzonoTecnia —esquerra— i memòria del projecte que genera Mayéutica —dreta.

## Disseny analític

En consideració de la diversitat disciplinar de l'auditori, miraré de defugir la formalitat i els tecnicismes; això amb la intenció afegida de posar en relleu que la comprensió de l'informàtic és assequible per a tots, si més no al nivell utilitari.

La considerable talla que tenen fins i tot els més senzills problemes informàtics fa econòmicament prohibitiva la seua solució a mesura. L'opció que s'imposa és resoldre per a molts casos a través de la concepció de caixa negra amb funcionalitat múltiple. Això dona lloc a solucions estructurades en dos nivells: un nucli abstracte que constitueix l'arquitectura computacional —model per a tots els casos d'una família donada— i una capa d'aplicacions per a concretar la capacitat arquitectural en utilitats particulars —funcionalitat.

El repte és especificar la capacitat arquitectural del mòdul nuclear del sistema induint-lo a través, i a pesar, de l'apantallament afegit que incorpora la capa d'aplicacions [2].

*El dissenyador de microprocessadors sap que el destí d'aquests és formar part de computadors que incorporen altres mòduls maquinari i programari; i sap també quina és la utilitat que han de proporcionar aquests computadors. La seua tasca és especificar un microprocessador que pugui suportar*

*tant un ordinador de sobretaula com un portàtil, una tauleta digital, un telèfon mòbil o un marcapassos, per exemple.*

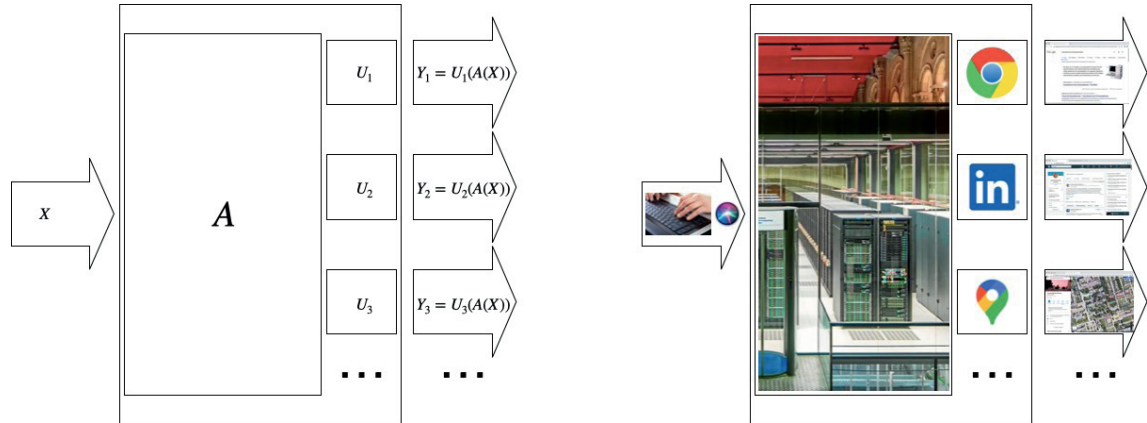


Figura 5. Representació del model de caixa negra amb funcionalitat múltiple —esquerra— i exemplificació gràfica al Mare Nostrum, reconegut com el computador més bell del món —dreta.

### *L'ensalada de les qüestions*

Una vegada rebut l'encàrrec que li planteja el promotor, l'enginyer l'especifica, realitza el seu disseny i verifica que és adequat. Per a dur a terme tot aquest procés es formularà a si mateix una infinitat de qüestions sobre la utilitat, la composició i les condicions de realització del sistema. Són les respostes a aquestes qüestions les que li inspiraran la solució. Estrictament, aquestes respostes són les decisions de disseny.

L'enunciat del projecte defineix a OzonoTecnia en termes generals però la informació que proporciona és insuficient per a saber-ho fer.

- Informa sobre la seua essència —resposta a la pregunta què és.  
*Sistema digital per a salubritat ambiental mitjançant ozonització confinada de l'aire.*
- Descrigui la seua utilitat —respostes a la pregunta per a què serveix.  
*Per a protegir la salut de les persones, per a garantir la higiene en les instal·lacions, per a garantir la salubritat de l'aire, etc.*
- Falta conèixer la seua composició i la seua estructura —respostes a les preguntes amb què i com es fa—, respectivament.

*Detector de concentració d'O<sub>3</sub>, transductor generador d'O<sub>3</sub>, controlador confinador, transductor de confinament, manejador de confinament, etc.*

*Mòdul d'higienització confinada, mòdul de desinfecció oberta, mòdul de purificació de recintes, etc.*

- Conèixer el procés de la seua realització, encara requereix respondre a qüestions operacionals: quan es fa?, qui ho realitza?, on?, quant costa?, etc.

Ens enfrontem, doncs, a una ensalada de qüestions. Per damunt de totes encara aflora una qüestió prèvia:

*Hi haurà algun algorisme per a organitzar l'ensalada de qüestions que condueix a les decisions de disseny?*

Traure-la a col·lació és, òbviament, per a donar resposta afirmativa.



Figura 6. Les ensalades de qüestions, per a realitzar OzonoTecnia —esquerra— i per a resoldre un problema —dreta.

### *Disseny orientat a model*

Responder a las preguntas de diseño induce la siguiente partición de las respuestas [10].

- Qualsevol resposta a què és OzonoTecnia té la característica que inclou el problema i estableix la seua essència, això és, un model seu -M.

- Les respostes a per a què és, amb què i com fer-ho, en canvi, formen part de la solució. Són els factors instrumentals de disseny –I.
- Totes les altres qüestions són operacionals sobre les circumstàncies de realització de la solució. Per això produeixen les decisions contextuals –C.

La relació d'equivalència classificatòria subjacent és:

*Abast d'una decisió de disseny –conjunt de problemes sobre els quals té repercussió aquesta decisió de disseny.*

El procés de disseny es descompon, així, en tres etapes o subproblemes:

*OzonoTecnia  $\equiv$  {essència, ingredients, elaboració}*

*Resoldre problema  $\equiv$  {modelització, instrumentació, contextualització}*

CLASIFICACIÓN DE LAS DECISIONES DE DISEÑO				
Cuestión	Respuestas		Característica	Clase
	OzonoTecnia	Resolver problema		
Qué es	Sistema digital de salubridad ambiental,...	Esclarecer	La respuesta incluye al problema	M
Para qué es	Para proteger la salud de las personas, para garantizar la higiene en las instalaciones, para garantizar la salubridad del aire,...	Conocer solución	La solución incluye a la respuesta	I
Con qué se hace	Detector de concentración de O3, transductor generador de O3, controlador confinador, transductor de confinamiento, manejador de confinamiento,...	Con transformaciones lícitas		
Cómo	Higienización confinada, desinfección abierta, purificación de recintos,...	Desarrollando su significado		
Cuándo	Preventivamente,...	Planificación	La respuesta es externa a la solución	C
Quién	Ingeniería	Un experto		
Cuánto	Precio asequible,...	Presupuesto		
Dónde, de quién, para quién, etc.	...	...		

Figura 7. Exemplificació de la partició de les decisions per a realitzar OzonoTecnia i per a resoldre un problema. Les classes són: modelització –color lila–, instrumentació –color blau– i contextualització –color verd.

D'altra banda, les etapes estan totalment i estrictament ordenades per la relació [11][12]:

*Potència d'una decisió de disseny –quantitat d'etapes que resulten afectades per aquesta decisió de disseny.*

ja que està definida sobre el conjunt dels divisors de 3 i els seus valors són 2 –modelització–, 1 –instrumentació– i 0 –contextualització.

*Què  $>$  {Per a qui, Amb qui, Com}  $>$  {Quan, On, Quant,...}*

La seqüència és, doncs:

*Modelització → Instrumentació → Contextualització*

El paradigma resultant consisteix en:

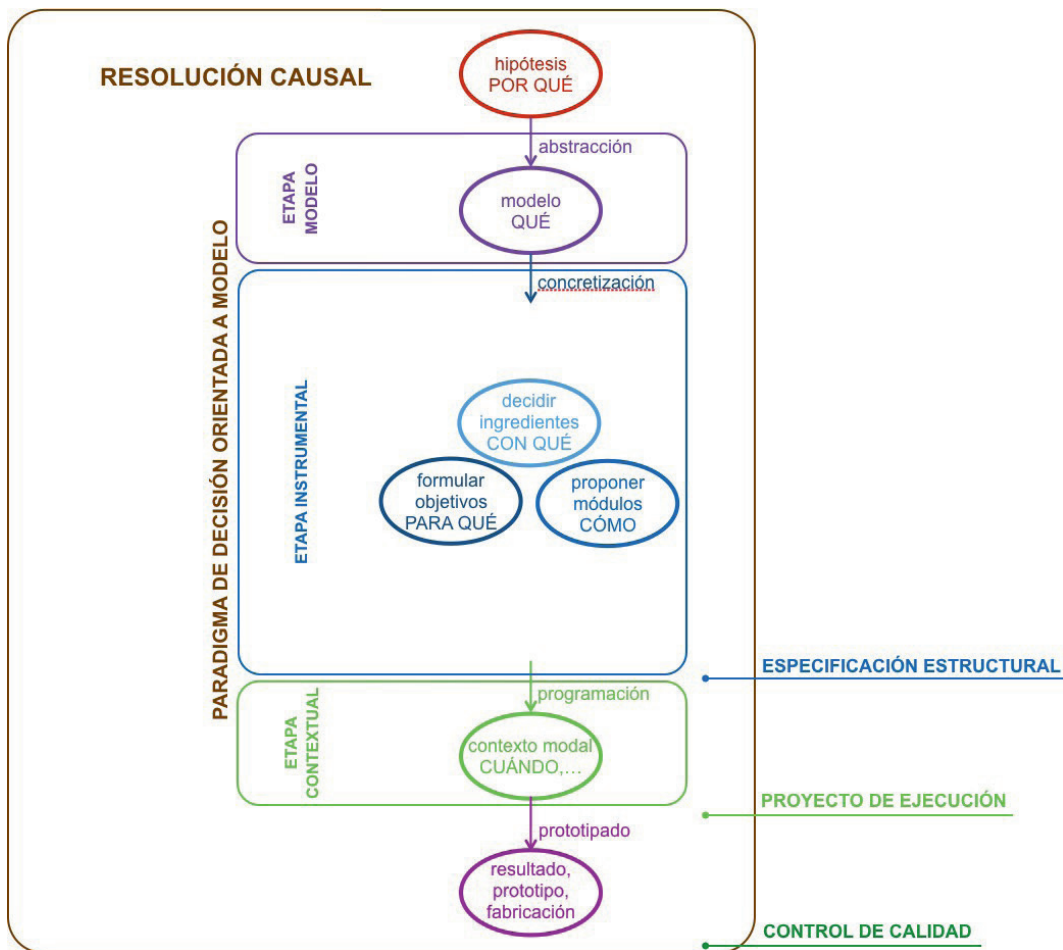


Figura 8. Seqüència formal de les etapes de disseny orientat a model.

*Dissenyar una sola vegada, de manera abstracta, el sistema digital per a salubritat ambiental mitjançant ozonització confinada de l'aire i, seguidament, completar un dispositiu específic per a cada finalitat.*

### Disseny instrumental orientat a l'arquitectura

Dins de l'etapa d'instrumentació, cal repetir el raonament de classificar les decisions en subetapes i ordenar-les:

- Les respostes a per a què és OzonoTecnica produeixen explicacions de la seua capacitat funcional —arquitectura.
- Contestar a amb què es fa determina els components —tecnologia.
- Les respostes a com es realitza proposen els mòduls —estructura.

La relació d'equivalència classificatòria és:

*Rol del factor instrumental de disseny.*

*A(OzonoTecnica) ≡ Per a protegir la salut de les persones, per a garantir la higiene en les instal·lacions, per a garantir la salubritat de l'aire, etc.*

*E(OzonoTecnica) ≡ Mòdul d'higienització confinada, Mòdul de desinfecció oberta, Mòdul de purificació de recintes, etc.*

*T(OzonoTecnica) ≡ Detector de concentració d'O3, transductor generador d'O3, controlador confinador, transductor de confinament, manejador de confinament, etc.*

CLASIFICACIÓN DE LAS DECISIONES INSTRUMENTALES				
Cuestión	Respuestas		Rol	Clase
	OzonoTecnica	Resolver problema		
Para qué es	Para proteger la salud de las personas, para garantizar la higiene en las instalaciones, para garantizar la salubridad del aire,...	Conocer solución	Prestaciones	A
Con qué se hace	Detector de concentración de O3, transductor generador de O3, controlador confinador, transductor de confinamiento, manejador de confinamiento,...	Con transformaciones lícitas	Ingredientes	T
Cómo	Higienización confinada, desinfección abierta, purificación de recintos,...	Desarrollando su significado	Módulos	E

Figura 9. Exemplificació de la partició dels factors instrumentals de disseny per a dissenyar OzonoTecnica i per a resoldre un problema.

Les classes són: arquitectura —color blau fosc—, tecnologia —color blau clar— i estructura —color blau mitjà.

Per la seua banda, la sentència

*Ser un factor instrumental part d'un altre.*

estableix un ordre total estricte entre les tres etapes ja que els components tecnològics són part dels mòduls estructurals i aquests, al seu torn, configuren l'arquitectura [11][12].

*Per a què > Com > Amb què*

Després, la seqüència és:

*Aitectura → Estructura → Tecnologia*

Quant a la contextualització, és adequat no solament no proposar un mètode general, sinó que se seguisca en cada cas la seqüència de decisió que corresponga als criteris particulars pertinents. Així:

*Per a realitzar un prototip, quin és el laboratori serà una de les primeres decisions contextuals a prendre.*

*La posada en producció d'OzonoTecnia demana contestar primer de tot a quant costa la unitat.*

Per esmentar un parell de casos emblemàtics:

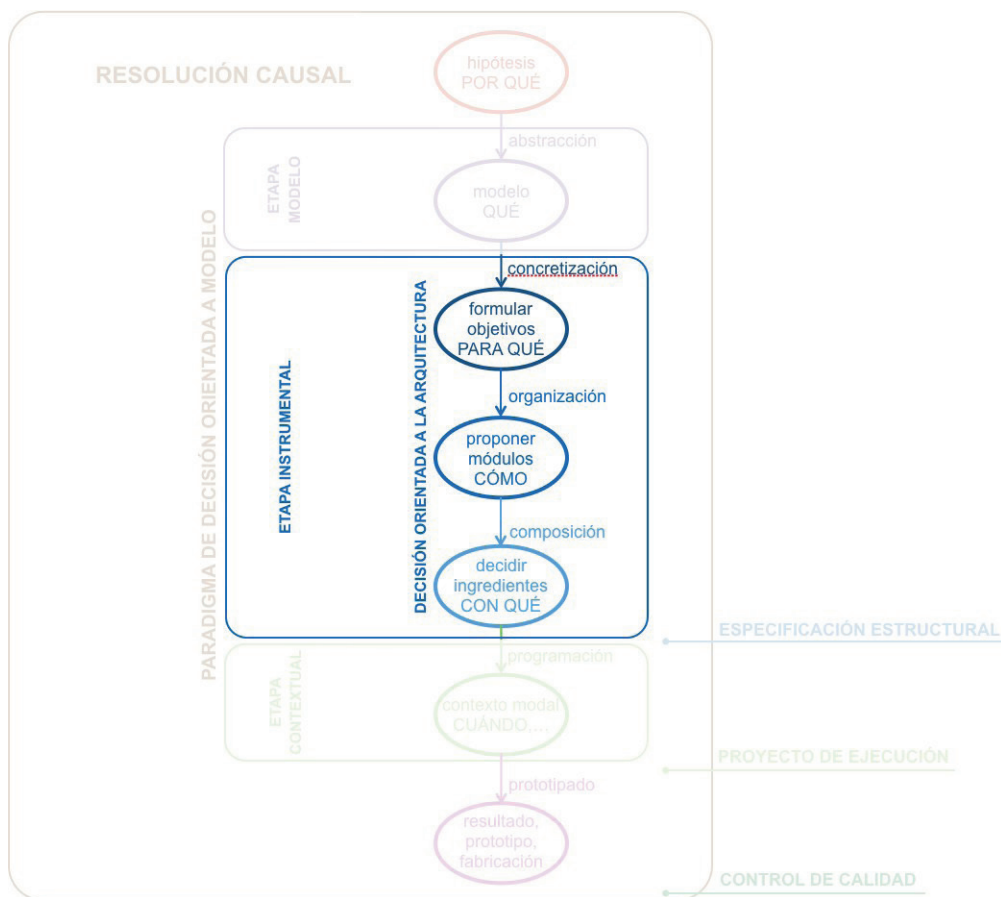


Figura 10. Seqüència formal de les etapes de disseny instrumental orientat a l'arquitectura.



*El disseny d'IKEA posa el focus en la pregunta «qui l'assembla» i en la resposta «que siga el client».*

*L'èxit de Zara emana de la seqüència: quant costa la roba?, quin és el termini de lliurament?, on se situen les botigues?, etc.*

Encara que en el cas general cal no superposar les etapes de disseny orientat a model amb les de disseny orientat a l'arquitectura pel fet que tenen diferent naturalesa —abast enfront de rol—, la particularitat d'estar el rol imbricat, exclusivament, dins de l'etapa d'instrumentació desencadena espontàniament la seqüència general:

*Què → Per a què → Com → Amb què → {Quan, On, Quant, ...}*

*Modelització → Arquitectura → Estructura → Tecnologia → Contextualització*

## **L'arquitectura d'OzonoTecnia**

L'especificació del problema resulta ser una sentència de la lògica:

*OzonoTecnia*

*ÉS un sistema IoT per a ozonització confinada a un volum —dins d'un flux d'aire—*

*PER A protegir la salut de les persones*

*I PER A garantir la higiene en les instal·lacions I PER A garantir la salubritat de l'aire.*

*I PER A millorar la sostenibilitat (ODS 11)*

*I PER A control de la despesa (ODS 9)*

*I PER A millorar les infraestructures (ODS 9)*

*I PER A higienització avançada d'àrees comunes (ODS 3)*

*I PER A promoure la competitivitat empresarial (ODS 9)*

*I PER A protegir-se de potencials responsabilitats subsidiàries*

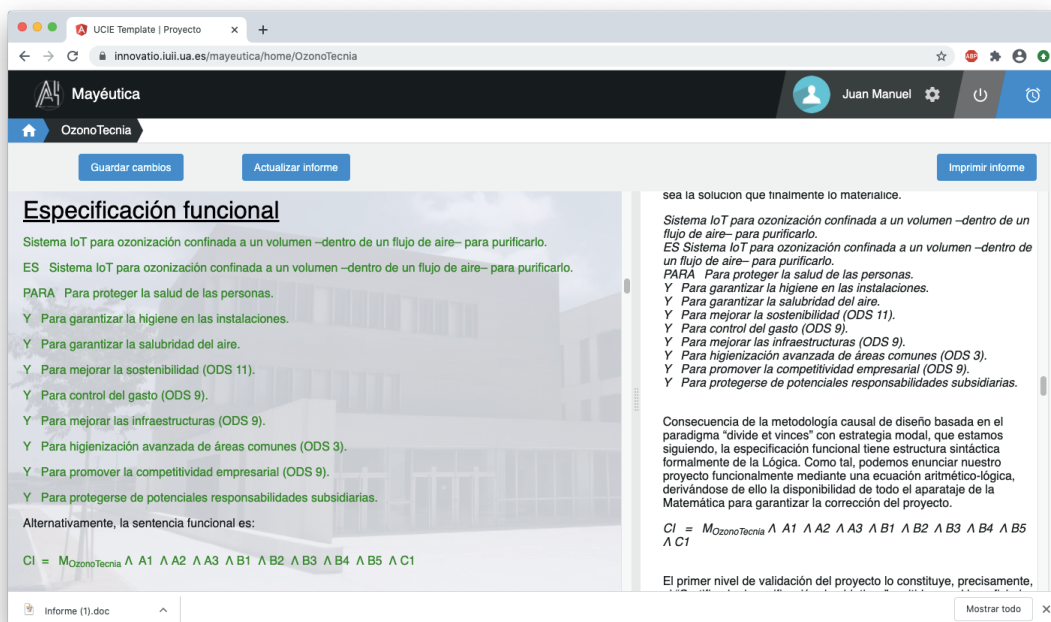


Figura 11. Especificació d'OzonoTecnía amb format d'enunciat lògic i com una equació.

La rellevància d'obtenir aquesta especificació funcional resideix a ser un enunciat que defineix correcta i exactament el projecte. Es deriven dues conseqüències aplicades:

- Constitueix la referència per a la verificació dels resultats —proves de validació, etc.
- La pròpia especificació és, al seu torn, la primera fita de validació del disseny: confirmació de l'exactitud de l'especificació per part del promotor.

Les altres decisions instrumentals —com i amb què— donen lloc a l'especificació estructural. És un graf dirigit que representa la precedència causal entre els diferents elements de la solució —components, mòduls, objectius i model.

La direccionalitat del graf li confereix aparença d'arbre amb arrels aèries, com ocorre al gènere vegetal ficus —per construcció, el graf és la síntesi de l'arbre estructural després de suprimir la redundància de nodes..

El fet que les fulles de l'arbre siguin desguassos en el ficus té conseqüències de primer ordre:

- La seua anàlisi proporciona criteris de validació automàtica —recerca de cicles i altres singularitats.

- La quantitat de camins cap a cada desguàs defineix l'arquitectura del sistema perquè identifica els recursos que són primordials.

$A(\text{OzonoTecnia}) \equiv \{\text{Transductor generador O}_3, \text{Detector concentració O}_3, \text{Controlador O}_3 \text{ obert}, \text{Manejador O}_3 \text{ obert}, \text{Manejador O}_3 \text{ confinat}, \text{Controlador O}_3 \text{ confinat}, \text{Transductor confinator O}_3, \text{Xassis}\}$

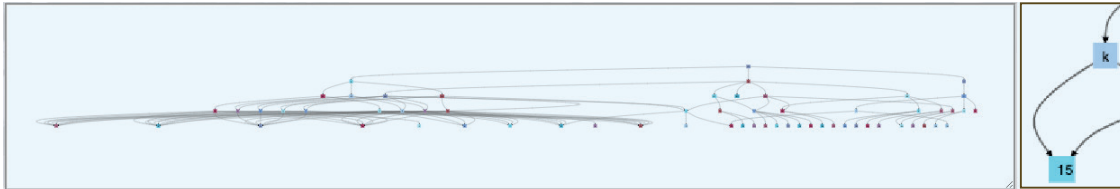


Figura 12. Ficus estructural on s'aprecia quins són els vuit elements per a l'arquitectura i detall de formació d'arrel aèria.

Els resultats objectius que ha produït el projecte fins al mes de juliol es concreten en la sol·licitud d'una patent i en la constitució d'una empresa de base tecnològica [13] [14].

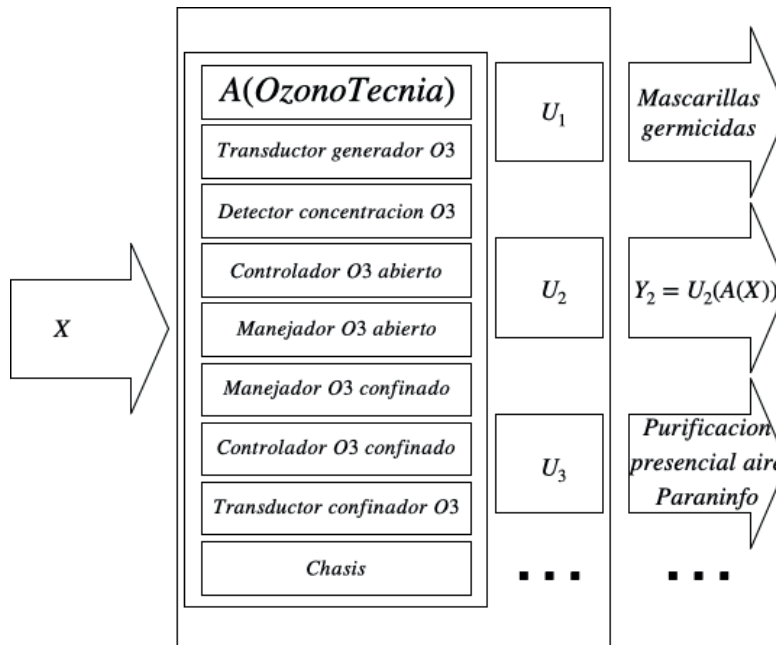


Figura 13. Arquitectura OzonoTecnia generada amb Mayèutica.

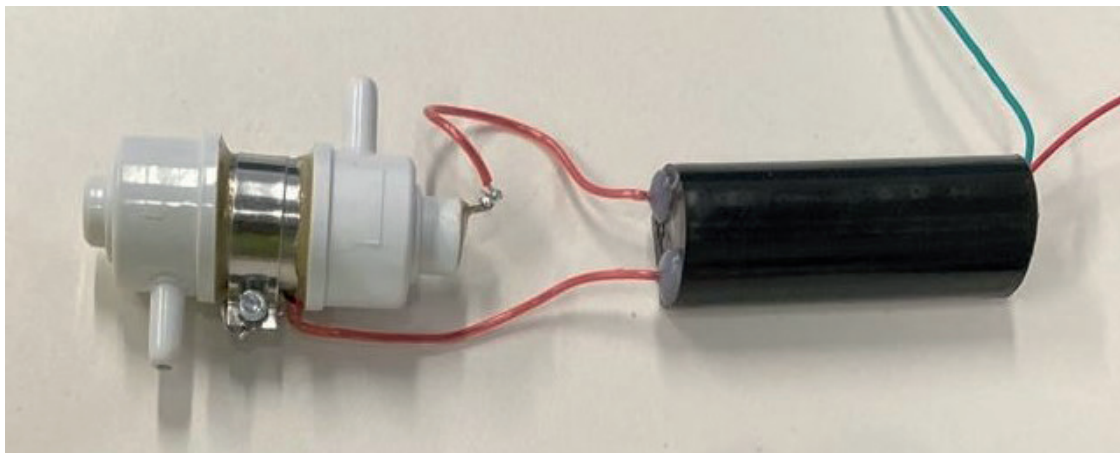


Figura 14. Prototip inicial –juny, 20– de dispositiu de desinfecció mitjançant ozó confinat dissenyat amb arquitectura OzonoTecnia.

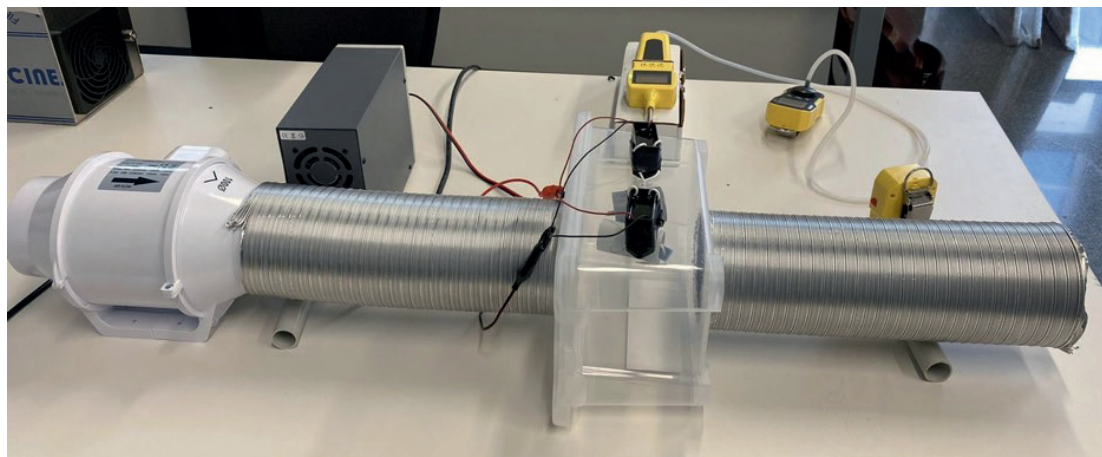


Figura 15. Prototip d'ozonitzador confinat per a conducte de ventilació –agost, 20.

## Consideracions

Aquesta dissertació ha plantejat un mètode de disseny d'arquitectures computacionals ordenant la seqüència de qüestions de disseny. Al seu torn, ha posat de manifest possibilitats d'automatització de les activitats que realitza l'enginyer —anàlisi del ficus estructural, poda optimitzada, etc.

El corollari és que aquesta proposta sistematitza la innovació que implica el disseny de noves solucions al mateix temps que proporciona claus per al seu control previsible. Pel costat de la producció, aporta base formal per a sistematitzar el control de la qualitat i la traçabilitat dels processos.

Mostra del seu potencial és que el projecte OzonoTecnia, en tot just un semestre, ja ha iniciat la seua modesta aportació per a contenir la COVID-19.

Superar amb garanties aquest repte que tan estranyament se n'ha dit *nova normalitat*, al meu entendre, aconsella intensificar la col·laboració entre l'administració, l'empresa i la universitat.

El marc, ja el tenim: l'Estratègia d'Especialització Intel·ligent en Investigació i Innovació de la Comunitat Valenciana —RIS3CV.

Que no se'ns passe l'arròs!

## Referències

- 1.- UCIE Ars Innovatio. <https://web.ua.es/va/ars-innovatio/>
- 2.- G. A. Blaauw. Computer Architecture. *Information Technology*, 14 (1-6), 1972. doi: 10.1524/itit.1972.14.16.154.
- 3.- J. L. Hennessy and D. A. Patterson. *Computer Organization and Design. A Quantitative Approach*. Morgan Kaufmann, 2019. ISBN: 9780128119051
- 4.- D. A. Patterson and J. L. Hennessy. *Computer Architecture*. Morgan Kaufmann, 2016. ISBN: 9780128018354
- 5.- M. Anguita López, J. Ortega Lopera y A. Prieto Espinosa. *Arquitectura de computadores*. Thomson, 2005. ISBN: 9788497322746.
- 6.- P. J. Denning et al. Computing as a discipline. *Computer*, 22 (2): 63-70, 1989. doi: 10.1109/2.19833.
- 7.- F. Mulder and T. van Weert. IFIP/UNESCO's Informatics Curriculum Framework 2000 for Higher Education. *ACM SIGCSE Bulletin*, 2001. doi: 10.1145/572139.572177
- 8.- Mayéutica. <https://innovatio.iuii.ua.es/mayeutica/welcome>

- 9.- J. M. García Chamizo et al. Revisión de las Aplicaciones del Ozono y su Generación para el Uso en Mascarillas contra Patógenos. <http://hdl.handle.net/10045/104988>
- 10.- V. Fernández Laguna. *Teoría Básica de Conjuntos*. Anaya, 2011. ISBN: 9788466726146
- 11.- J. M. García Chamizo y M. Nieto Hidalgo. Formalización Algebraica del Método de Arriba Hacia Abajo de Diseño Tecnológico. <http://hdl.handle.net/10045/47233>
- 12.- M. Nieto Hidalgo M. *Gait analysis using computer vision for the early detection of elderly syndromes. A formal proposal. 2016* <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/65535>
- 13.- Patente OzonoTecnía. <https://web.ua.es/es/consejo-gobierno/documentos/consejo-de-gobierno-28-07-2020/punto-7-4-y-7-5-secretos-empresariales-y-patente.pdf>
- 14.- Inno3. <https://web.ua.es/es/actualidad-universitaria/2020/julio2020/27-31/la-universidad-de-alicante-pone-en-el-mercado-una-novedosa-tecnologia-para-combatir-virus-bacterias-patogenos-e-insectos-a-s-a-traves-de-la-intel-ligencia-artificial.html>