Planta, negoci i IT–OT

Obres l'aixeta i surt aigua. No hi penses mai. Però a Palma, darrere aquesta aixeta hi ha més de 1.100 km de canonades, dividides en 600 sectors petits, i un centre de control on hi ha persones que vigilen pressions i cabals en pantalles tot el dia. El 2025 EMAYA, l'empresa d'aigües de Palma, va dir que havia reduït l'aigua perduda en fuites del 25% al 16%, després de renovar canonades i instal·lar comptadors digitals. Com trobes una fuita sota un carrer des d'una pantalla?

La trobes perquè la **planta** (les canonades, les bombes i els comptadors) parla amb el **negoci** (les persones que planifiquen, paguen i decideixen). Aquesta lliçó baixa a la planta, posa nom a les tecnologies que hi trobes i després mira la cosa més valuosa d'una empresa digital: la connexió entre les dues meitats.

Què aprendràs

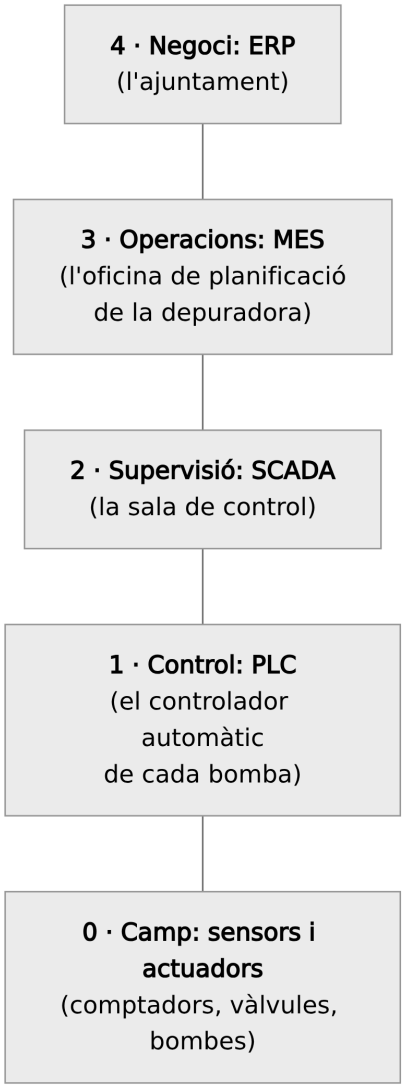
- Situar sensors i actuadors, **PLC**, **SCADA**, **MES** i **ERP** a la **piràmide d'automatització**
- Reconèixer aquests nivells en una planta real de Mallorca i en una pantalla SCADA real
- **Seleccionar** les tecnologies de planta i de negoci que necessita una empresa concreta, i evitar la trampa de "com més tecnologia, millor"
- Explicar què viatja entre IT i OT, què hi guanya l'empresa i quin risc corre
- Descriure una empresa digital **d'extrem a extrem** i enumerar-ne els avantatges
- Començar el teu **Lliurament 1** amb fonts reals i citades

La piràmide d'automatització

Al joc de construir ciutats, la depuradora té nivells. A baix de tot, les vàlvules s'obren i les bombes giren. Una mica més amunt, uns controladors automàtics mantenen la pressió correcta. Més amunt encara, un operador vigila tota la xarxa en una pantalla gran. A dalt de tot, l'ajuntament decideix pressuposts i plans. Les empreses amb una operació física s'organitzen en les mateixes capes.

> La **piràmide d'automatització** és un model que ordena les tecnologies d'una empresa en nivells, des de les màquines a baix fins al negoci a dalt.

Nivell	Tecnologia	Què fa
4 · Negoci	**ERP**	Planifica i gestiona l'empresa: comandes, compres, finances
3 · Operacions	**MES**	*Manufacturing Execution System*: gestiona les ordres de producció, la traçabilitat, la qualitat i el rendiment de les línies
2 · Supervisió	**SCADA**	*Supervisory Control And Data Acquisition*: recull dades dels controladors, les mostra en pantalles, genera alarmes i permet als operadors donar ordres des d'una sala de control
1 · Control	**PLC**	*Programmable Logic Controller*: un ordinador industrial que llegeix sensors i acciona actuadors en temps real, seguint un programa



Nivell	Tecnologia	Què fa
0 · Camp	**Sensors** i **actuadors**	Els sensors mesuren (temperatura, nivell, pressió, presència); els actuadors actuen (motors, vàlvules, relés)

Llegeix-la **de baix cap amunt**: com més amunt vas, menys temps real i més visió de negoci. Els nivells 0 a 2 són **OT**; el nivell 4 és **IT**; el nivell 3 és el **pont** entre tots dos.

> **Fonts diferents, números diferents**
> Aquesta piràmide de cinc nivells és la imatge simplificada habitual de l'estàndard **ISA-95** (IEC 62264) i del model Purdue. Algunes fonts numeren els nivells una mica diferent, o posen els sensors al nivell 1. El que importa és l'ordre, no els números.

Una planta real de Mallorca: TIRME a Son Reus

A Son Reus, a prop de Palma, **TIRME** gestiona la planta que crema els residus domèstics de Mallorca i converteix la calor en electricitat. El seu sistema de control el va subministrar

l'empresa japonesa Yokogawa, que en va publicar el cas. Segons aquest cas, la planta té quatre línies, i les dues més noves generen 38 MW, electricitat suficient per a unes 53.000 llars.

Això és el que el cas publicat et permet situar a la piràmide:

Nivell	Què diu la font sobre TIRME
4 · Negoci	Res. Si escrivissis "TIRME fa servir un ERP", seria una **hipòtesi**, no un fet
3 · Operacions	Exaquantum, un sistema d'informació de planta que recull les dades d'emissions per als informes
2 · Supervisió	Una sala de control central amb pantalles d'operador, atesa les 24 hores del dia, i una pantalla gran que mostra les dades ambientals
1 · Control	El sistema de control CENTUM, que manté la combustió per sobre de 850 °C, i un sistema de seguretat separat (ProSafe-RS)
0 · Camp	Instruments de camp connectats per un bus industrial (FOUNDATION Fieldbus), bombes d'aigua d'alimentació, una turbina de vapor

En aquesta taula s'amaguen dues lliçons. Primera, les plantes reals no sempre coincideixen amb el llibre: TIRME fa servir un gran sistema de control anomenat DCS que fa la feina dels PLC i de l'SCADA alhora, i un sistema d'informació de planta en lloc d'un MES de fàbrica. Segona, mira el nivell 4: **la font no ho diu**. Al teu projecte, el que trobes ho cites; el que no trobes ho etiquetes com a hipòtesi.

Com és una pantalla SCADA

Inductive Automation, una empresa que fa programari SCADA, té una demostració pública d'una planta de tractament d'aigua que pots obrir al navegador, sense compte: Ignition Water Treatment Demo.

Obre-la i cerca: els **filtres** amb el seu mode i estat, les **bombes** en mode automàtic engegades (*On*) o aturades (*Off*), els **dipòsits** amb el seu nivell, els **cabals** d'entrada i de sortida de la planta, i un gràfic de **tendència** dels darrers dies. Cadascun d'aquests números ve d'un sensor (nivell 0), passa per un controlador (nivell 1) i apareix en aquesta pantalla (nivell 2). És la capa d'informació de la ciutat, però de veritat.

Tecnologies de negoci

Ja vas conèixer l'ERP i el CRM a la lliçó anterior. Aquí tens el catàleg complet de la part de negoci:

Tecnologia	Per a què serveix
ERP i **CRM**	Gestió integrada de l'empresa i de la relació amb els clients
Intel·ligència de negoci (BI)	Quadres de comandament i informes per decidir amb dades
Web i comerç electrònic	Vendre i atendre clients en línia, a qualsevol hora
Eines col·laboratives al núvol	Correu, documents compartits, videotrucades, gestió de tasques
Gestió documental i signatura electrònica	Contractes, factures i expedients sense paper
Automatització de tasques d'oficina	Programes que fan feina repetitiva: moure dades d'un sistema a un altre, enviar recordatoris

Seleccionar tecnologies vol dir triar, per a una empresa concreta, les que necessita i les que no. Una fusteria de quatre persones no necessita un MES; una empresa d'aigües no pot viure sense un SCADA.

> **Compte: “com més tecnologia, millor”**
> Cada tecnologia costa diners, formació i manteniment, i afegeix una cosa més que es pot atacar. Una bona selecció és curta i justificada: *aquesta empresa necessita això, per aquest motiu*. Al Lliurament 1 se t’avaluaran els motius, no la llargària de la llista.

Per què connectar IT i OT

Recorda l’hotel de la primera lliçó: el sistema de reserves (IT) encén l’aire condicionat (OT) abans que arribi el client. Generalitzem-ho:

Direcció	Què viatja	Què hi guanya l’empresa
OT → IT (de la planta al negoci)	Unitats produïdes, energia consumida, temperatures, avaries, temps d’aturada	Saber què passa en temps real, costos reals, **traçabilitat**, manteniment abans que la màquina s’espatlli
IT → OT (del negoci a la planta)	Comandes, ordres de producció, receptes, plans	La comanda del client arriba a la línia sense que ningú l’hagi de tornar a escriure: menys errors, menys temps

Sense la connexió hi ha **illes d’informació**: algú escriu en paper el que diu la màquina, i una altra persona ho tecleja a l’ordinador. Un comptador d’aigua mecànic és una illa: una persona hi ha d’anar, llegir-lo i apuntar el número. Un comptador digital amb lectura remota envia el número tot sol.

Com es connecten? El nivell 3 fa de pont, amb estàndards com **OPC UA** (un estàndard industrial perquè les màquines comparteixin dades de manera segura) i **MQTT** (un protocol de missatgeria lleuger per a internet de les coses), a més d’API i bases de dades. Aquesta capa d’integració és programari: feina per a desenvolupadors com tu.

El preu: la ciberseguretat

Molts dispositius OT són antics i no es van dissenyar per estar connectats: poques actualitzacions, contrasenyes per defecte. Quan comparteixen xarxa amb les oficines, un problema a la IT pot arribar a la planta. Per això les xarxes se separen, amb tallafocs entre elles, i l’accés es controla.

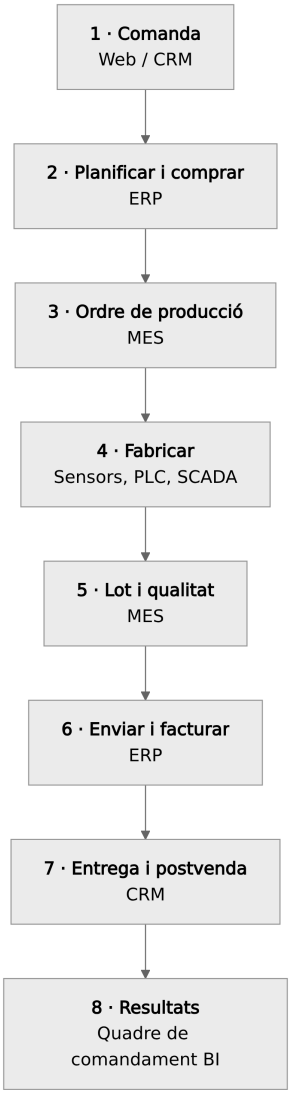
Un cas real: el maig de 2021, un atac de ransomware (programari que xifra els teus fitxers i demana un rescat) va afectar els sistemes IT de **Colonial Pipeline**, que transporta combustible a la costa est dels Estats Units. No hi ha proves que arribés als sistemes OT, però l’empresa va aturar tot l’oleoducte per precaució, i va trigar uns cinc dies a tornar-lo a engegar. Estudiaràs la ciberseguretat a fons a la Unitat 5.

D’extrem a extrem

> Una empresa està digitalitzada **d’extrem a extrem** quan tot el recorregut, des de la comanda del client fins a l’entrega i la factura, passa per sistemes connectats, sense escriure cap dada dues vegades.

Segueix una comanda en una fàbrica de galetes:

Què hi guanya l’empresa?



Avantatge	Què vol dir
Visibilitat en temps real	Tothom sap on és cada comanda
Menys errors, menys feina repetida	Cada dada s'introdueix una vegada
Traçabilitat	De cada paquet saps el lot, la línia, el dia i les matèries primeres
Respostes més ràpides	Terminis d'entrega més curts per al client
Menys estoc i menys malbaratament	Fabriques el que s'ha demanat
Manteniment abans de l'avaria	Les dades de la màquina t'avisen abans que falli
Estalvi d'energia i de material	El que mesures, ho pots reduir
Decisions amb dades	En lloc de la intuïció

També té un preu: inversió, formació del personal i més exposició als ciberatacs. Però una empresa amb tot el recorregut connectat pot respondre en hores el que a una altra li costa dies.

A classe: radiografia exprés de la vostra empresa

En aquesta sessió el teu grup va triar la seva empresa i cada membre va fer una primera recerca d'una part. Les parts són les quatre seccions individuals del Lliurament 1.

Part	Pregunta que has de respondre	On cercar
A · Empresa i sistemes IT	Què fa l'empresa, quins departaments té i quin **sistema IT real** fa servir (un ERP, un CRM, una aplicació, una botiga en línia)?	El web de l'empresa ("Qui som", "Treballa amb nosaltres"), la memòria anual, la premsa. Consell: les ofertes de feina sovint diuen "experiència amb SAP" o semblant
B · Planta i piràmide	Quina operació física té, i quina **tecnologia de planta real** s'hi esmenta (sensors, control, sala de control)? Situa-la a la piràmide	Notícies sobre la planta, casos d'estudi de proveïdors (com el de Yokogawa per a TIRME), el web de l'empresa. Si no trobes res de la teva empresa, un cas real **del mateix sector**, citat
C · Connexió IT–OT	Obre la demostració SCADA d'Ignition, fes una captura de pantalla i apunta **tres dades** que mostra. Quina d'elles, o una de semblant a la teva empresa, hauria d'arribar a un sistema IT? Per a què? Quin risc?	La Ignition Water Treatment Demo i la teva empresa
D · D'extrem a extrem	Quin és el recorregut del client de la teva empresa (comanda, servei, factura)? Escriu les cinc primers passos i el sistema de cadascuna	El web de l'empresa (com compres o reserves), la premsa

Per a cada part, com a mínim: la resposta en 3–5 línies, **una font** (títol, autor o web, enllaç i data de consulta) i la paraula **hipòtesi** davant de tot el que no hagis pogut trobar. El teu nom a la teva part. El grup lliura un sol document a Classroom; cada membre s'avalua per la seva part. **Sense IA generativa**: és un exercici de cercar i citar.

Per al teu projecte

Aquesta lliçó engega el Lliurament 1 · Radiografia IT/OT, que s'ha de lliurar el **diumenge 8 de novembre de 2026 a les 23:59**, amb defenses individuals a la sessió 9 (21 de desembre de 2026). Les quatre parts d'avui són el primer esborrany de les seves seccions:

Part d'avui	Es converteix en	Criteri
A	Secció A: empresa, departaments i sistemes IT	b, d, e (negoci)
B	Secció B: la part OT i la piràmide d'automatització	e (planta)
C	Secció C: una connexió IT–OT	f
D	Secció D: el recorregut d'extrem a extrem i els seus avantatges	g

Idees clau

- La **piràmide d'automatització**, de baix cap amunt: **sensors i actuadors**, **PLC**, **SCADA**, **MES**, **ERP**. Els nivells 0–2 són OT, el nivell 4 és IT, el nivell 3 és el pont.
- Les plantes reals, com la de **TIRME** a Son Reus, no sempre coincideixen amb el llibre. El que diu una font ho **cites**; el que no diu és una **hipòtesi**.
- **Seleccionar** tecnologies vol dir triar i justificar, no fer-ne la llista completa.
- Connectar IT i OT envia **dades cap amunt** (producció, energia, avaries) i **ordres cap avall**; elimina les **illes d'informació** i necessita **ciberseguretat**.

- **D'extrem a extrem**: tot el recorregut, de la comanda a la factura, per sistemes connectats, escrivint cada dada una sola vegada.

Comprovació ràpida

1 Quin ordre de la piràmide d'automatització, de baix a dalt, és correcte?

A PLC → sensors → MES → SCADA → ERP
B Sensors i actuadors → PLC → SCADA → MES → ERP
C ERP → MES → SCADA → PLC → sensors
D Sensors → SCADA → PLC → ERP → MES

2 Quin sistema permet als operadors vigilar alarmes, nivells i cabals de tota la planta des d'una sala de control?

A ERP
B CRM
C SCADA
D Un sensor

3 Quin nivell de la piràmide fa de pont entre la planta i el negoci?

A Nivell 0, sensors i actuadors
B Nivell 1, PLC
C Nivell 3, MES
D Nivell 4, ERP

4 El cas publicat de la planta de TIRME no diu res del seu ERP. Què hauries d'escriure al teu lliurament?

A "TIRME fa servir SAP", perquè la majoria de grans empreses ho fan
B Res de la part de negoci
C Una suposició raonada, clarament etiquetada com a hipòtesi, o una altra font que sí que ho digui
D Que TIRME no té IT

5 Quin és un avantatge real de connectar IT i OT?

A La planta ja no necessita ciberseguretat
B El negoci decideix amb dades reals de la planta, gairebé en temps real
C Les màquines ja no necessiten manteniment
D L'ERP pot controlar directament els motors

6 Per què va ser important per a IT–OT el cas de Colonial Pipeline del 2021?

A Els atacants van prendre el control de les vàlvules de l'oleoducte
B Un atac als sistemes IT va fer que l'empresa aturés l'oleoducte físic per precaució
C L'oleoducte es va trencar perquè els sensors eren massa antics
D Va demostrar que la OT no s'ha de connectar mai

7 Una fleca petita amb quatre treballadors et demana quines tecnologies ha d'instal·lar. Quines DUES són sensates?

A Una pàgina senzilla de comandes en línia connectada a la caixa
B Un MES complet amb línies de producció i mòduls de traçabilitat
C Un sensor de temperatura al forn que envia una alarma al mòbil
D Una sala de control amb un SCADA atesa les 24 hores del dia

8 Què vol dir “digitalitzada d’extrem a extrem”?

- **A** Cada treballador té un ordinador
- **B** La fàbrica té robots als dos extrems de la línia
- **C** Tot el recorregut, des de la comanda del client fins a l’entrega i la factura, passa per sistemes connectats sense escriure dades dues vegades
- **D** L’empresa només ven en línia

Ja tens la imatge completa de la Unitat 1. Ara converteix-la en el primer capítol del teu grup: Lliurament 1 · Radiografia IT/OT.

Solucions

1. B · De la màquina fins a l’oficina: els **sensors i actuadors** mesuren i actuen, el **PLC** controla, l’**SCADA** supervisa, el **MES** gestiona les operacions i l’**ERP** porta el negoci.

2. C · L’**SCADA** recull les dades dels controladors i les mostra en pantalles amb alarmes i tendències. La demostració d’Ignition que vas obrir és una pantalla SCADA.

3. C · Els nivells 0–2 són OT i el nivell 4 és IT. El **MES**, al nivell 3, rep les ordres de producció de l’ERP i li torna el que s’ha produït realment.

4. C · Els fets sobre una empresa s’han de **trobar i citar**. Si no ho trobes, encara hi pots raonar, però ho has d’etiquetar com a **hipòtesi**.

5. B · Les dades que pugen **cap amunt** des de la planta (producció, energia, avaries) permeten al negoci calcular costos reals i reaccionar ràpidament. La connexió **afegeix** risc de ciberseguretat; no l’elimina.

6. B · El ransomware va afectar la **IT**, i no hi ha proves que arribés a la OT, però l’empresa va aturar tot l’oleoducte uns cinc dies. Quan els dos mons estan connectats, un problema en un afecta l’altre.

7. A, C · **Seleccionar** vol dir ajustar la tecnologia a l’empresa. Una botiga en línia petita i un sensor útil resolen problemes reals; un MES i una sala de control de 24 hores estan pensats per a plantes grans.

8. C · **D’extrem a extrem** vol dir que tot el **recorregut** està connectat: comanda, planificació, producció, enviament, facturació, postvenda i resultats.