



# **Sistemas Intralogísticos, Automatización de Operaciones, Robótica Industrial Aplicada**

Adrián Ferrari

**INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**

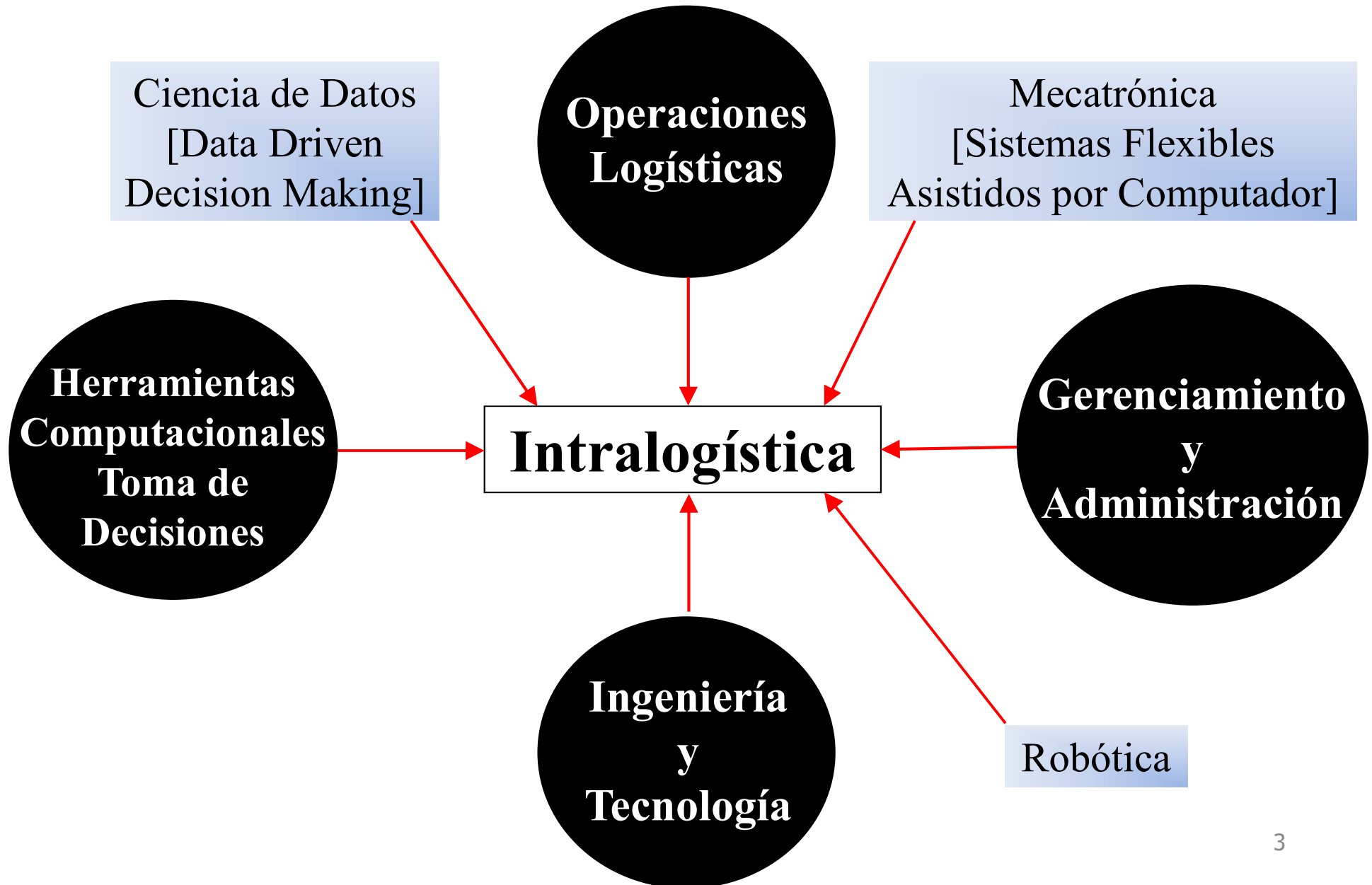
**31 de Octubre 2023**

**Operaciones**

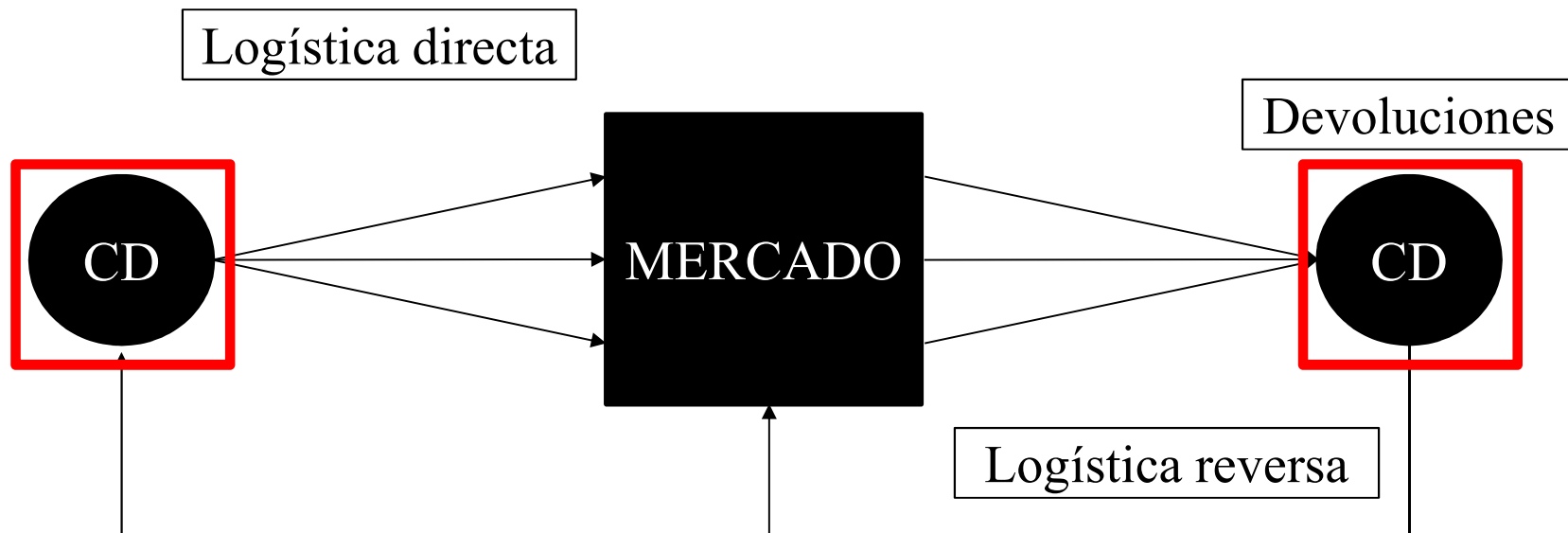
**Herramientas  
Computacionales  
Toma de  
Decisiones**

**Gerenciamiento  
y  
Administración**

**Ingeniería  
y  
Tecnología**



# Centros de Distribución



# Centros de Distribución



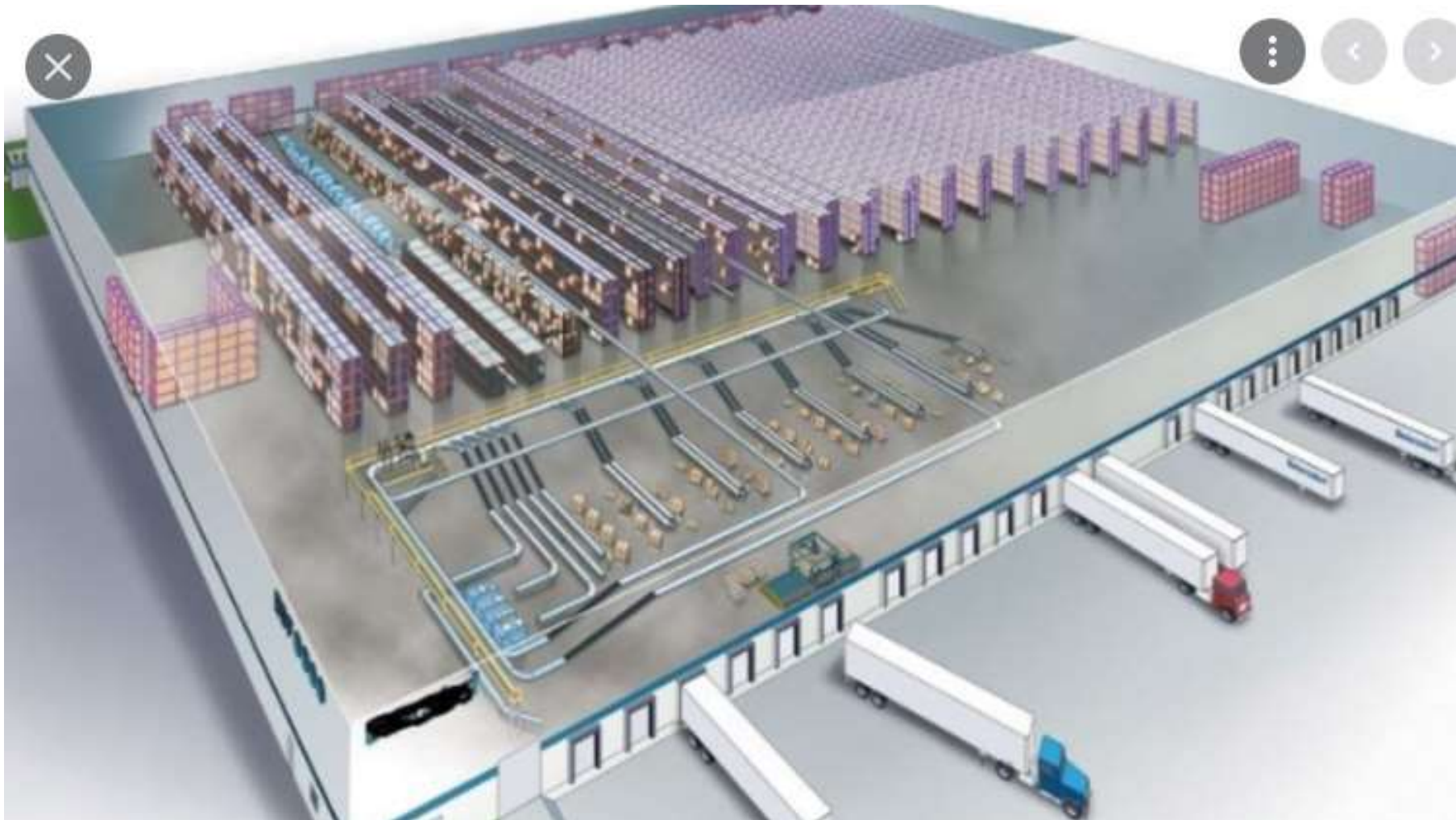
# Centros de Distribución



[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/06/10/companias/1591810038\\_587006.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/06/10/companias/1591810038_587006.html)



# Centros de Distribución



<http://aperturaglobal.opennemas.com/opinion/ricardo-santos-olmo/layout-almacen-y-centro-distribucion/20160506141955001041.html>

# Operaciones

**RECEPCIÓN**

**TRAFICO**

**ALMACENAMIENTO**

**TRAFICO**

**PREPARACIÓN DE PEDIDOS**

**DESPACHO Y EXPEDICIÓN**



# Infraestructura

Vehículos

**RECEPCIÓN**

**TRAFICO**

**ALMACENAMIENTO**

Vehículos

**TRAFICO**

**PREPARACIÓN DE PEDIDOS**

Vehículos

**DESPACHO Y EXPEDICIÓN**

# Vehículos

Manual (con “conductor”)



Transpaleta

# Vehículos

## Manual (con “conductor”)



Apiladora



Elevadora



# Vehículos

## Automático (sin “conductor”)



# Vehículos

## Automático (sin “conductor”)





# Vehículos

Automático (sin “conductor”)



Vehículo Auto-Guiado (AGV)



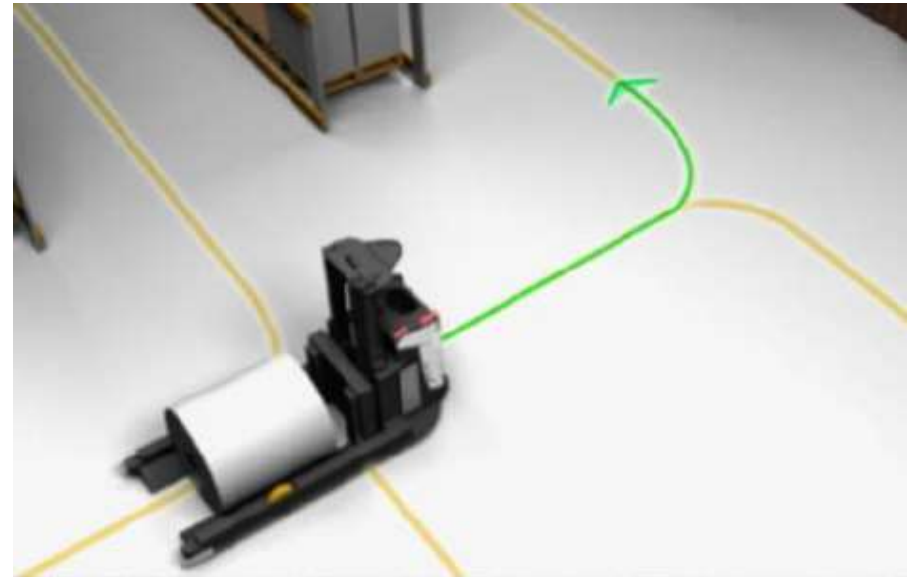
Zona de  
Seguridad

Robótica Colaborativa (Cobot)



# Vehículos

## Vehículo Auto-Guiado (AGV)



Ruteo “Fijo”

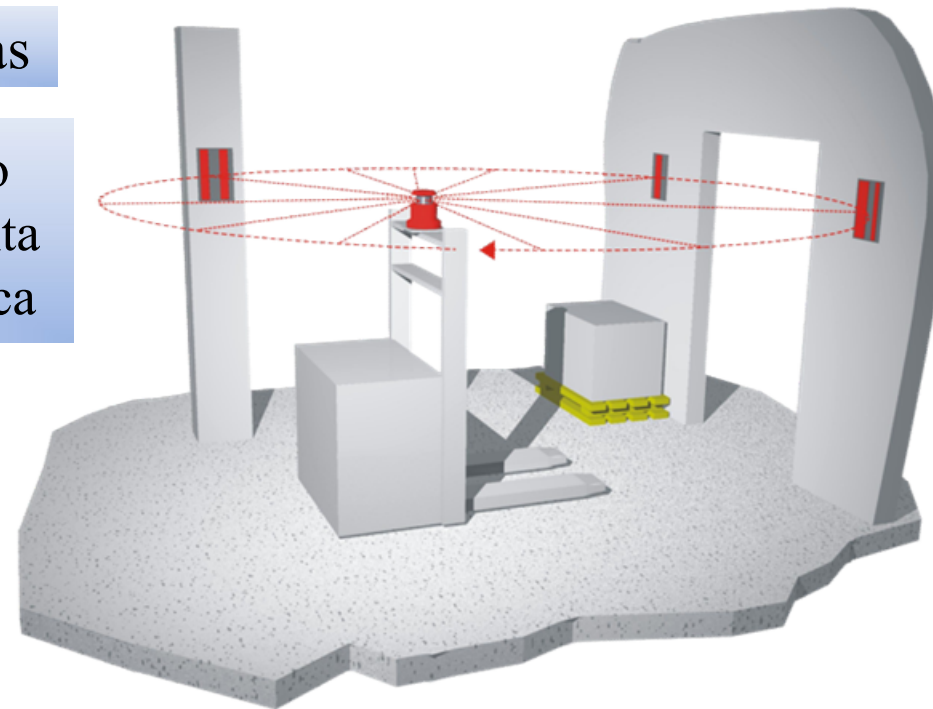
# Vehículos

## Vehículo Auto-Guiado (AGV)

Clusters/Familias

Optimización No  
Lineal Entera Mixta  
(MINLP) Dinámica

Simulación



Manipuladores

Visión Artificial

Brazos Articulados

Ruteo Flexible

## Laser Guided Vehicle (LGV)

<https://www.youtube.com/watch?v=lycUgLHS4AA>

# Vehículos

## Vehículo Auto-Guiado (AGV)

Clusters/Familias

Optimización No  
Lineal Entera Mixta  
(MINLP) Dinámica

Simulación



Manipuladores

Visión Artificial

Brazos Articulados

Ruteo Flexible

## Autonomous Mobile Robots (AMR)

# Almacenamiento

Capacidad

Cantidad

Posiciones

Estática

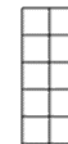
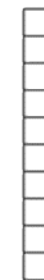
Movimientos

Dinámica

Selectividad

Frentes de accesibilidad

Manejo de productos diferentes  
(SKU: *Stock Keeping Unit*)



Mayor selectividad

Misma capacidad



# Almacenamiento

Piso



Auto-estiba



Capacidad +

Selectividad +

Lotes grandes → Profundidad

# Almacenamiento

## Estantería Selectiva



Simple Profundidad



Doble Profundidad





# Almacenamiento

## Estantería Selectiva



Simple Profundidad



Doble Profundidad

Capacidad ■

Selectividad ++

Lotes pequeños / muchos SKU

# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://tecnicasdealmacen.wordpress.com/2018/12/03/sistemas-de-almacenamiento/>



<https://almacen214561912.wordpress.com/2018/11/15/estanterias-del-sistema-compacto/>



<https://www.interempresas.net/Construccion/FeriaVirtual/Producto-Paletizacion-compacta-Drive-In-188324.html>



# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://tecnicasdealmacen.wordpress.com/2018/12/03/sistemas-de-almacenamiento/>



<https://almacen214561912.wordpress.com/2018/11/15/estanterias-del-sistema-compacto/>

Capacidad **++**

Selectividad **-**



Lote = “Plano  
de Estanterías”

Lotes grandes / pocos SKU

# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://tecnicasdealmacen.wordpress.com/2018/12/03/sistemas-de-almacenamiento/>



<https://almacen214561912.wordpress.com/2018/11/15/estanterias-del-sistema-compacto/>

Entrada / salida  
desde mismo pasillo



“First In Last Out”  
(FILO)



Estantería “Drive In”

Entrada / salida  
en pasillos opuestos



“First In First Out”  
(FIFO)



Estantería “Drive  
Through”

# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://tecnicasdealmacen.wordpress.com/2018/12/03/sistemas-de-almacenamiento/>



<https://almacen214561912.wordpress.com/2018/11/15/estanterias-del-sistema-compacto/>

## Como ganar selectividad?

# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://www.ar-racking.com/co/sistemas-de-almacenaje/estanterias-industriales/estanterias-para-estibas/estanterias-push-back-dinamicas>



<https://www.tecny-stand.com/estanterias-con-sistema-push-back-para-centros-logisticos-de-distribucion/>

FILO

Lote = “Canal de Estanterías”

Estantería “Push-Back”



# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://www.mecalux.com.uy/racks-para-pallets/racks-dinamicos>

FIFO

Lote = “Canal de Estanterías”

Estantería “Dinámica” (Flow-Rack)

# Almacenamiento

## Alta Densidad



<https://www.ssi-schaefer.com/es-br/productos/almacenamiento/en-palets/sistema-obiter-371564>

FILO / FIFO



<https://www.youtube.com/watch?v=wIKLnyO4QNM>

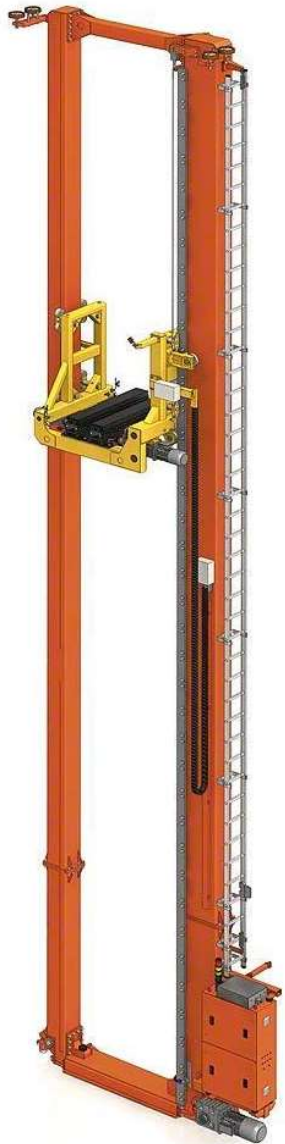
Lote = “Canal de Estanterías”

Estantería con “Shuttle”

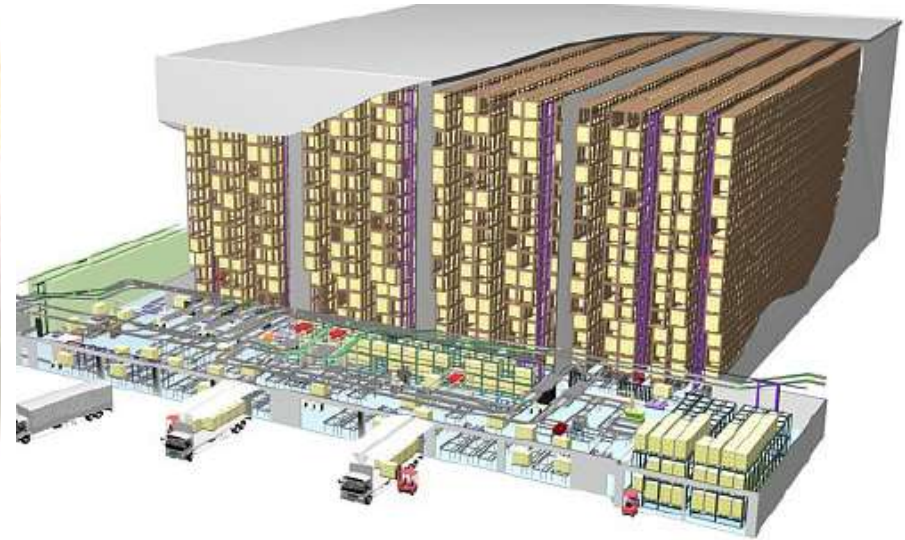
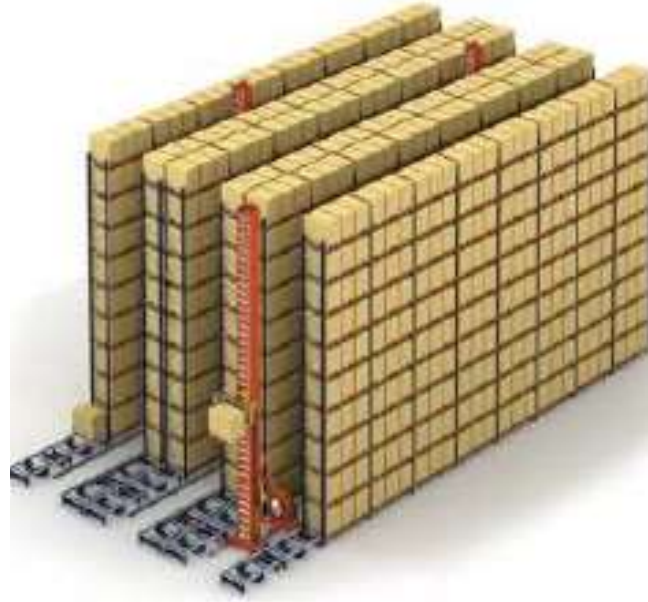
# Almacenamiento

Alta Densidad

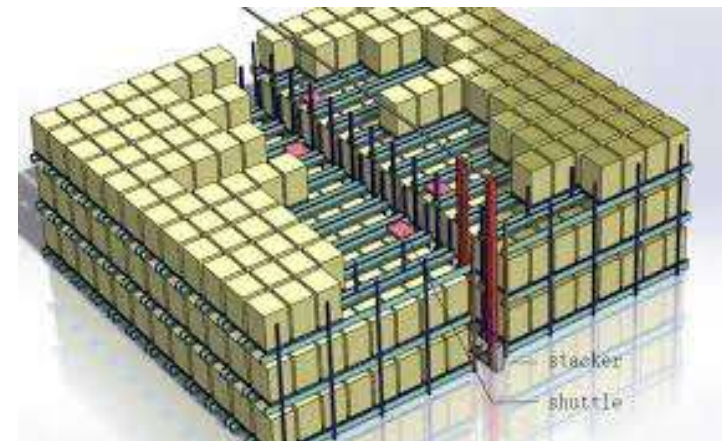
Automated Storage and  
Retrieval System (ASRS)



Transelevador



[https://duomedia.com/DuoDnn/DuoPdf/News/CPractico\\_United\\_EN.pdf](https://duomedia.com/DuoDnn/DuoPdf/News/CPractico_United_EN.pdf)



<https://www.mdpi.com/2227-9717/8/1/80/htm>



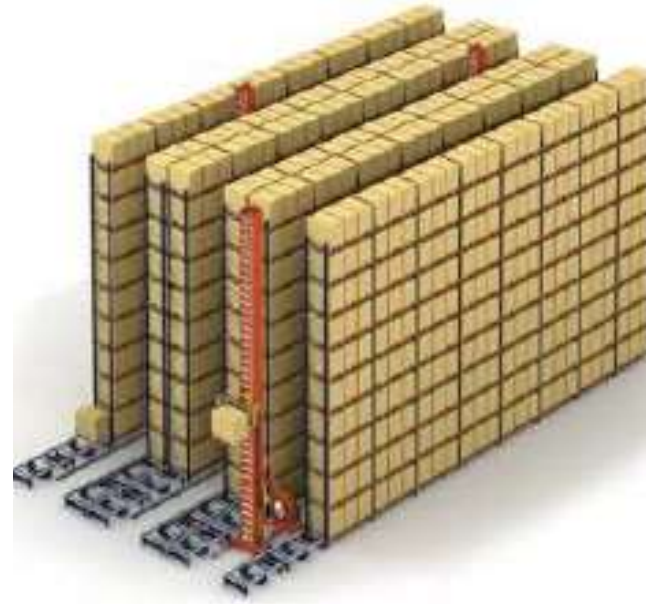
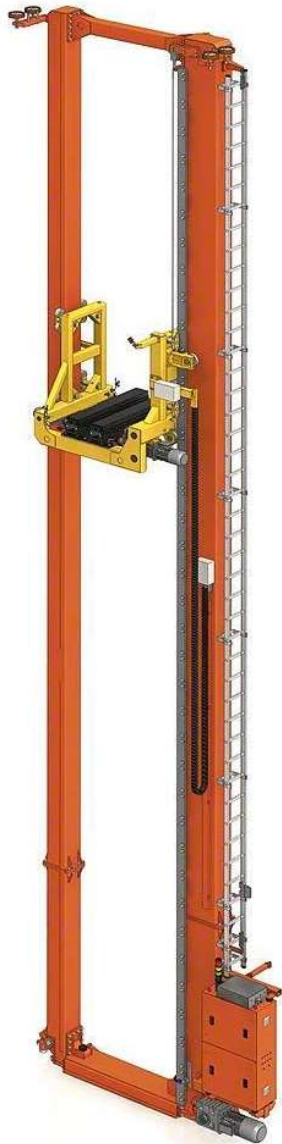
# Almacenamiento

Alta Densidad

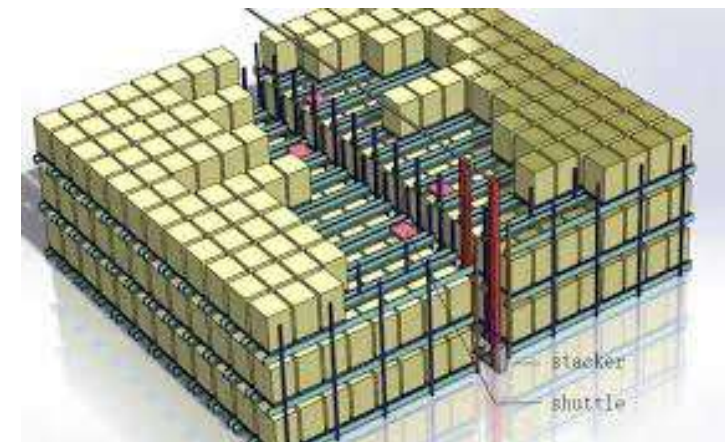
Automated Storage and Retrieval System (ASRS)

Almacén Inteligente

High Bay Warehouse



[https://duomedia.com/DuoDnn/DuoPdf/News/CPractico\\_United\\_EN.pdf](https://duomedia.com/DuoDnn/DuoPdf/News/CPractico_United_EN.pdf)



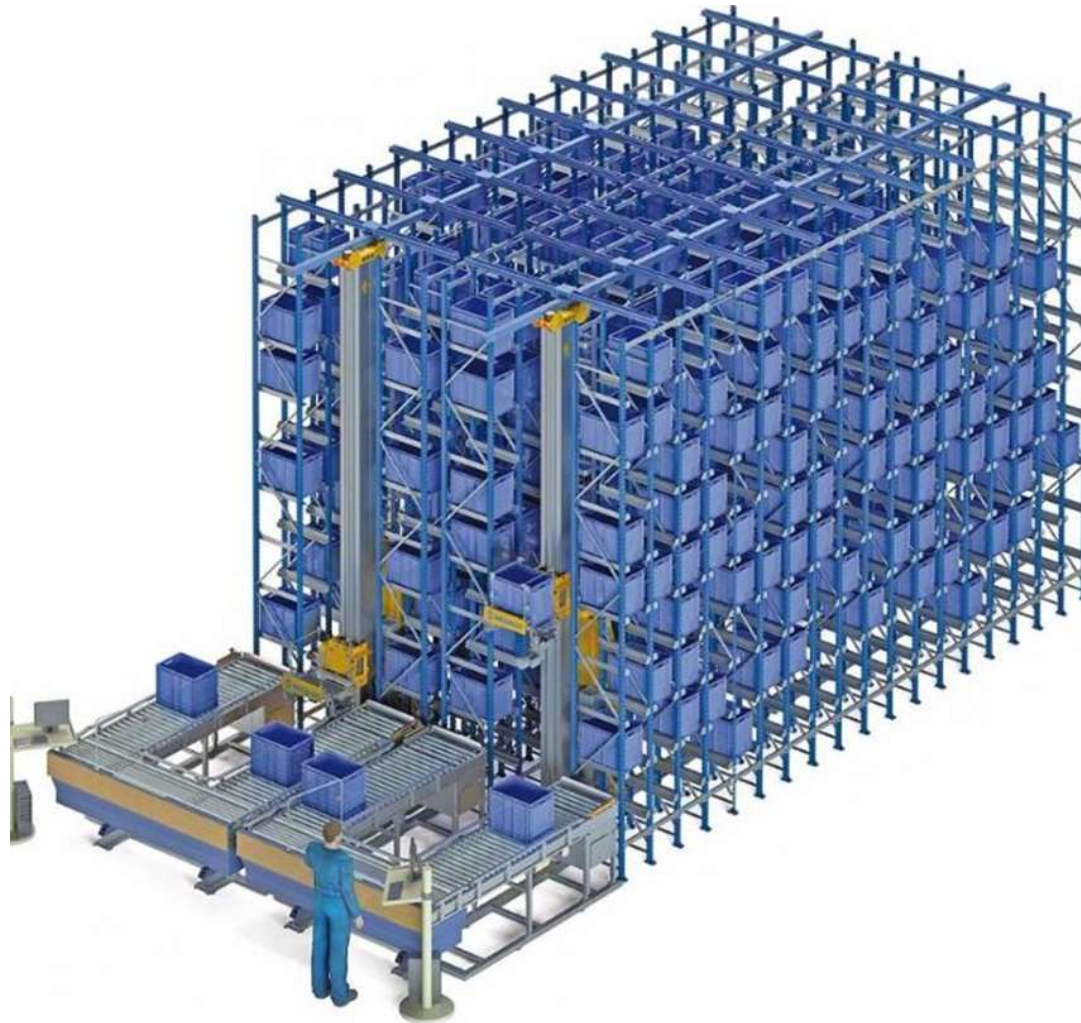
<https://www.mdpi.com/2227-9717/8/1/80/htm>

Transelevador

# Almacenamiento

Alta Densidad

Automated Storage and  
Retrieval System (ASRS)



Mini-Load



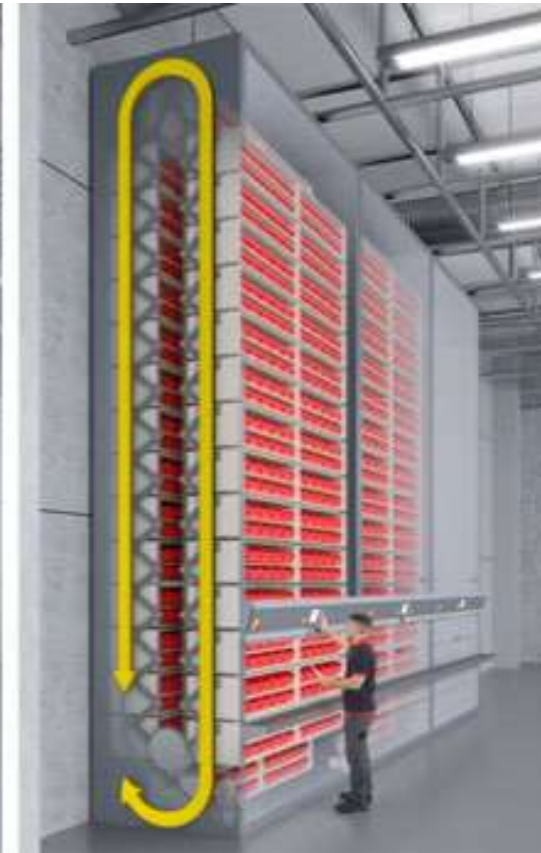
# Almacenamiento

Alta Densidad

Automated Storage and  
Retrieval System (ASRS)



Flexible



Carrusel





# Almacenamiento

Alta Densidad

Automated Storage and  
Retrieval System (ASRS)



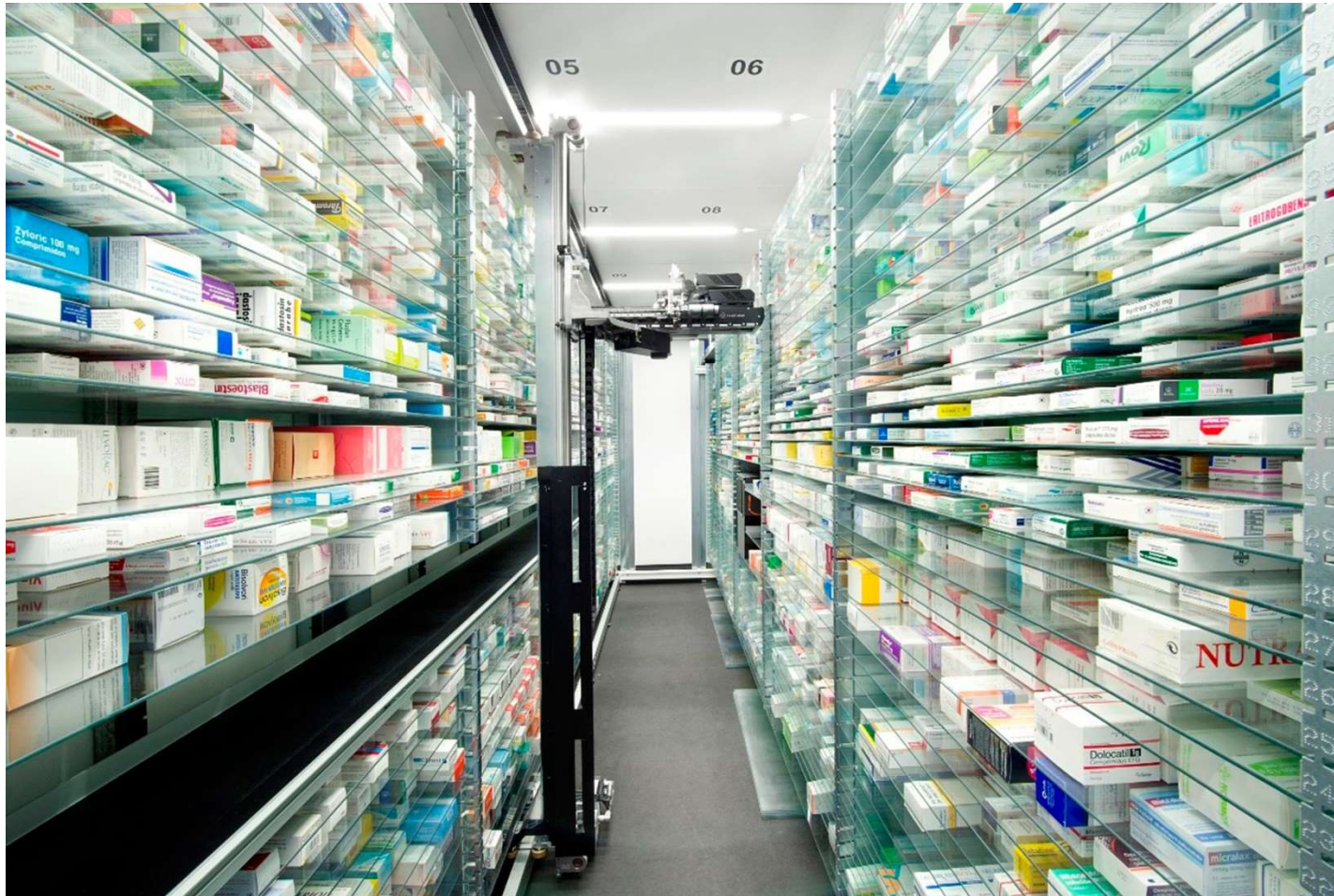
Carrusel



# Almacenamiento

Alta Densidad

Automated Storage and  
Retrieval System (ASRS)



<https://www.inside-pharmacy.com/blog/robots-de-farmacia/>

Medicamentos

# Almacenamiento

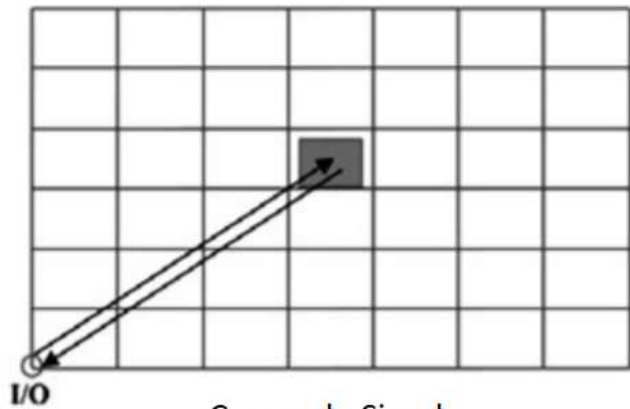
Alta Densidad

Automated Storage and Retrieval System (ASRS)

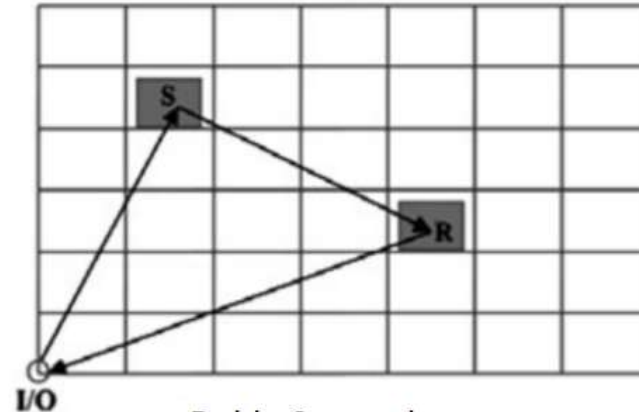
FIFO / FILO

Sistema Flexible

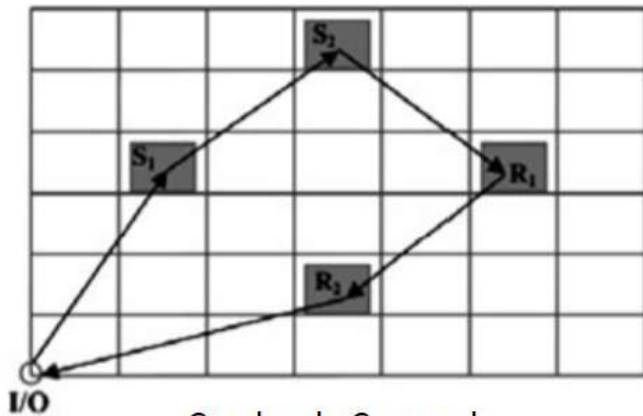
Transelevador



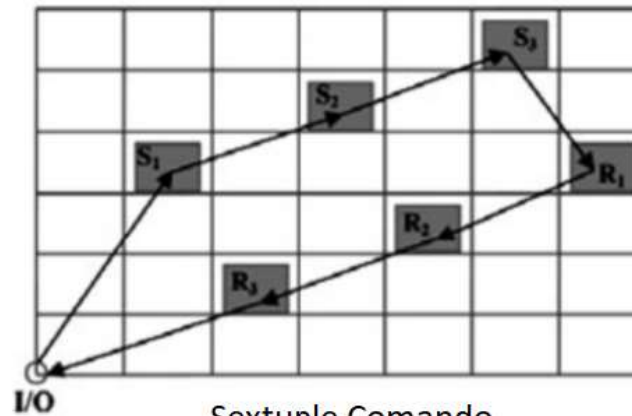
Comando Simple



Doble Comando



Cuadruple Comando



Sextuple Comando

Optimización Vacío Operativo

Diseño Dinámico y Estático: MILP-MINLP

Simulación

Ciclos Combinados

<https://www.youtube.com/watch?v=V2Dz3MPTVms>



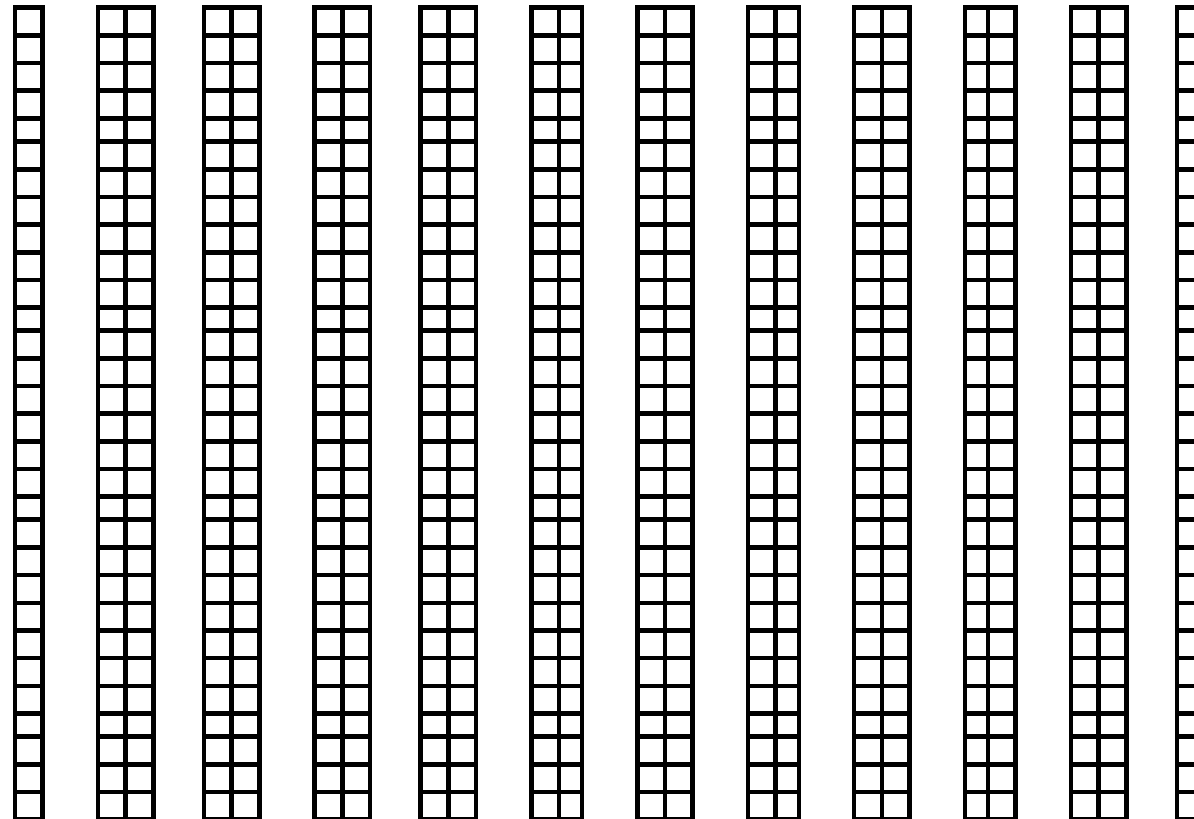
# Preparación de Pedidos



**PICKING**

Persona → Producto [PTG] (Person to Goods)

Layout

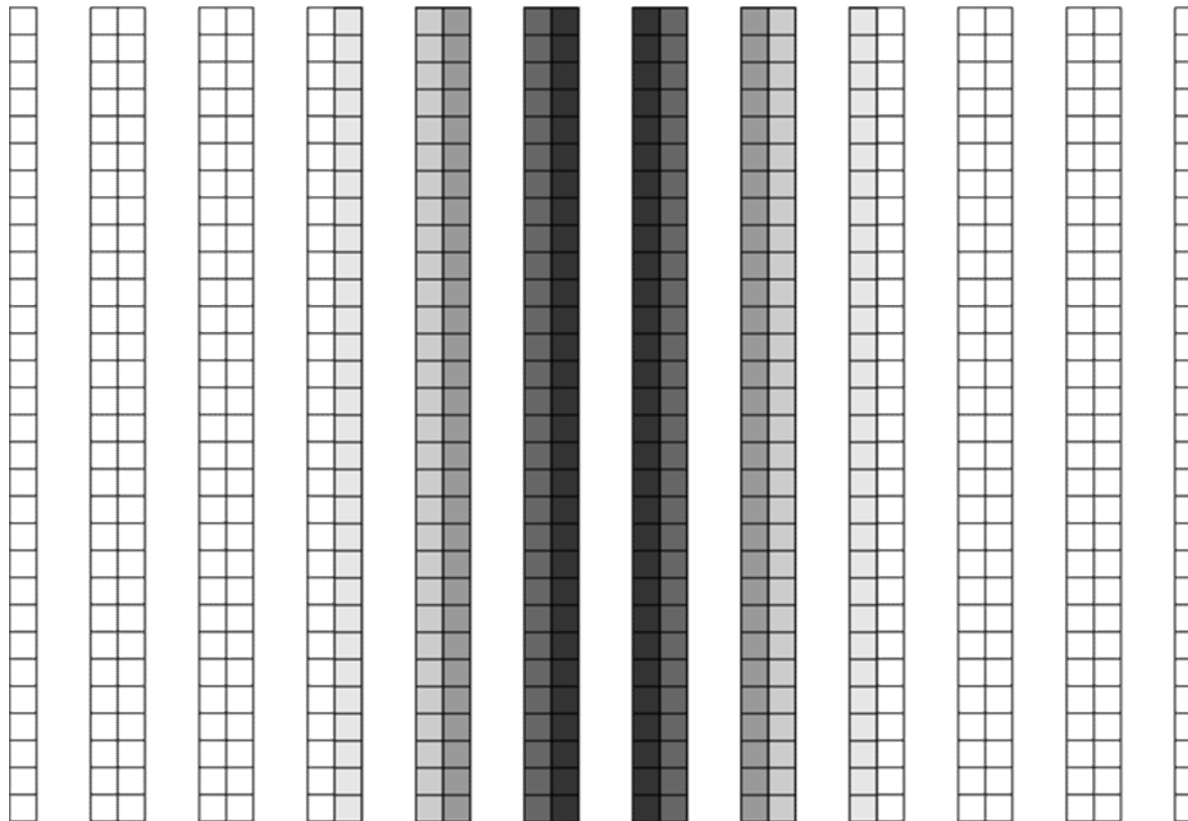


# Preparación de Pedidos

## PICKING

Persona → Producto [PTG]

Localización de Productos



Slotting

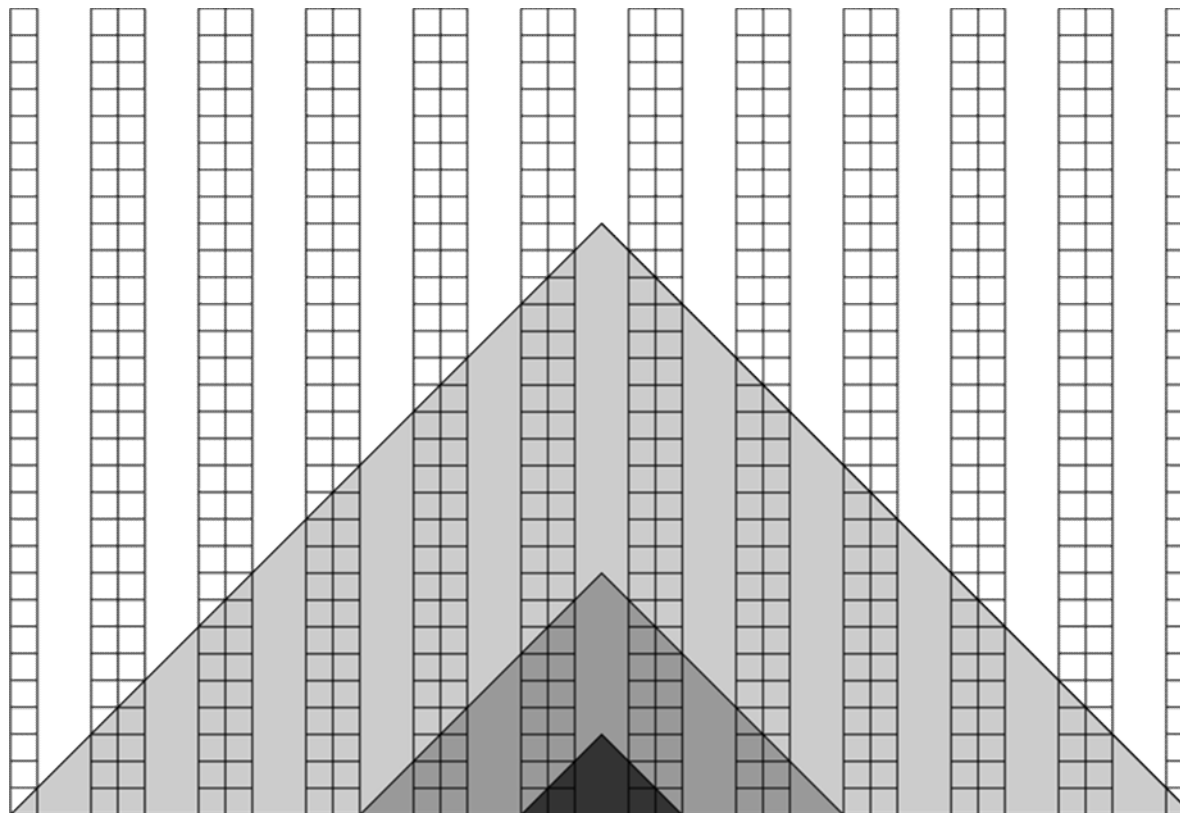


# Preparación de Pedidos

## PICKING

Persona → Producto [PTG]

Localización de Productos



Slotting

# Preparación de Pedidos

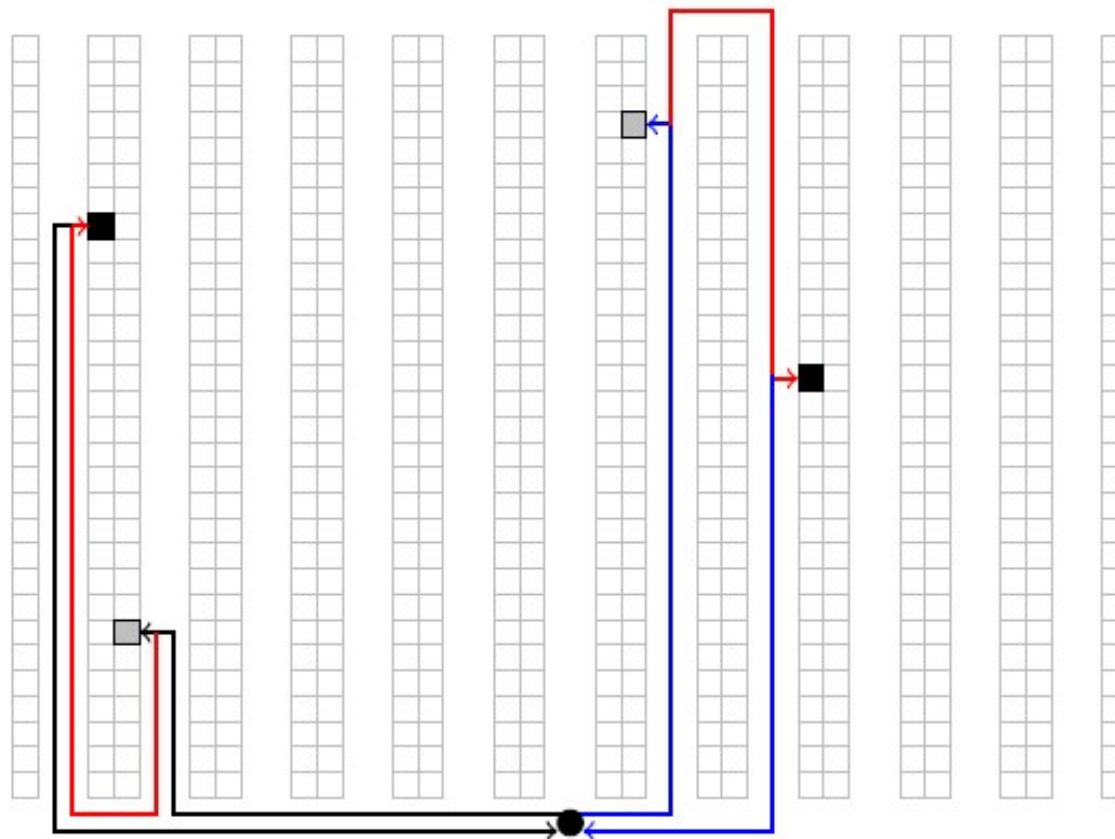
MILP

**PICKING**

Integración con ASRS

Persona → Producto [PTG]

Tráfico y Ruteo



# Preparación de Pedidos

MILP

**PICKING**

Integración con ASRS

Persona → Producto [PTG]



Robot → Producto [RTG] (Robot to Goods)



# Preparación de Pedidos

MILP

**PICKING**

Integración con ASRS

Persona → Producto [PTG]



Robot → Producto [RTG]



AGV



Visión Artificial

Brazo Articulado

<https://www.youtube.com/watch?v=h9eRDyZJz>

SA



# Preparación de Pedidos

MILP

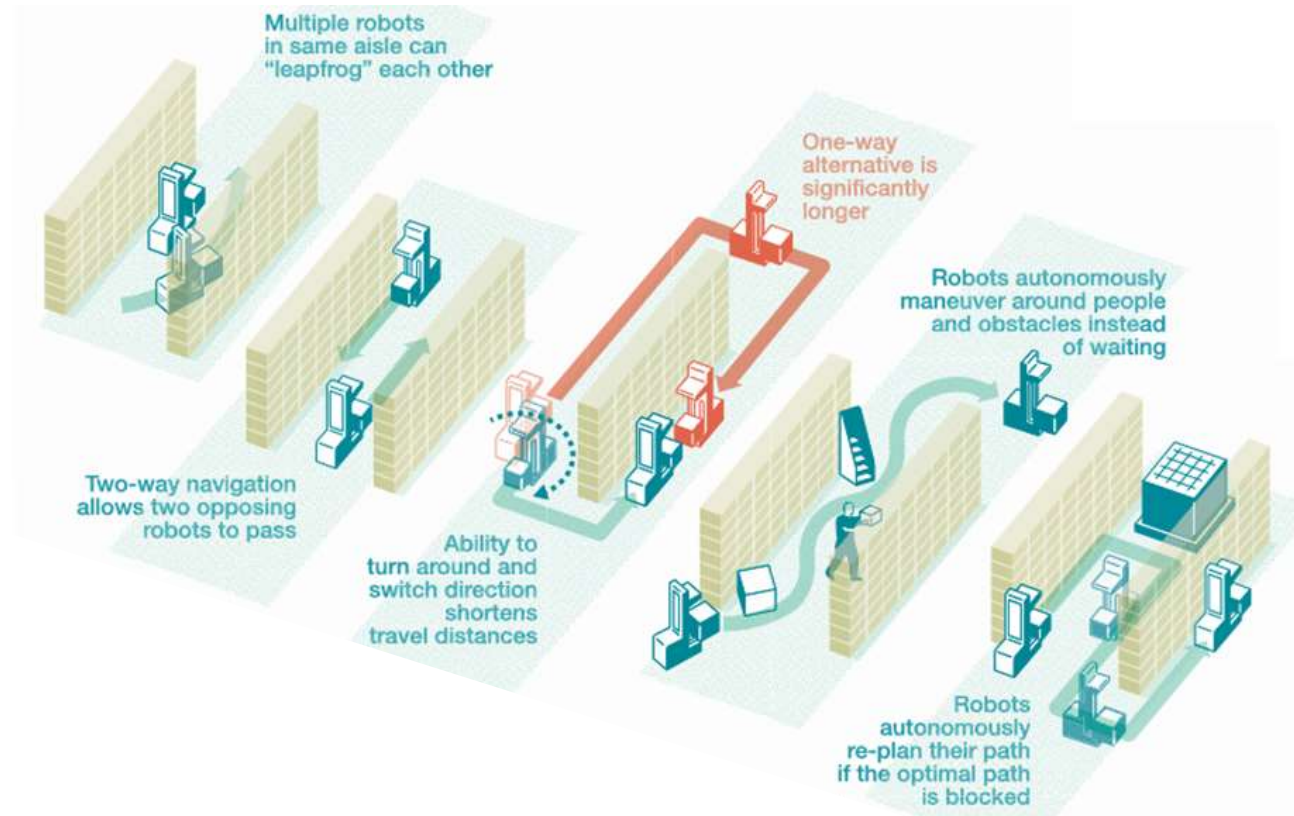
**PICKING**

Integración con ASRS

Persona → Producto [PTG]



Robot → Producto [RTG]



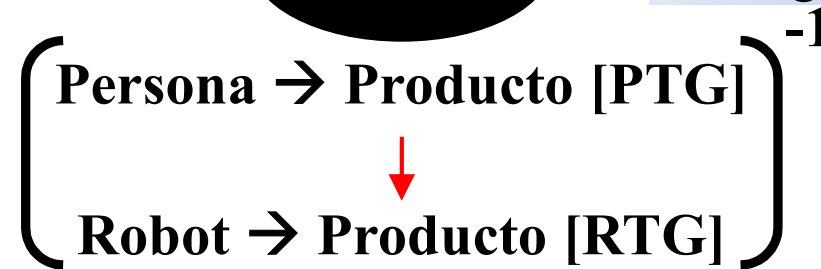
AGV

# Preparación de Pedidos

MILP

**PICKING**

Integración con ASRS



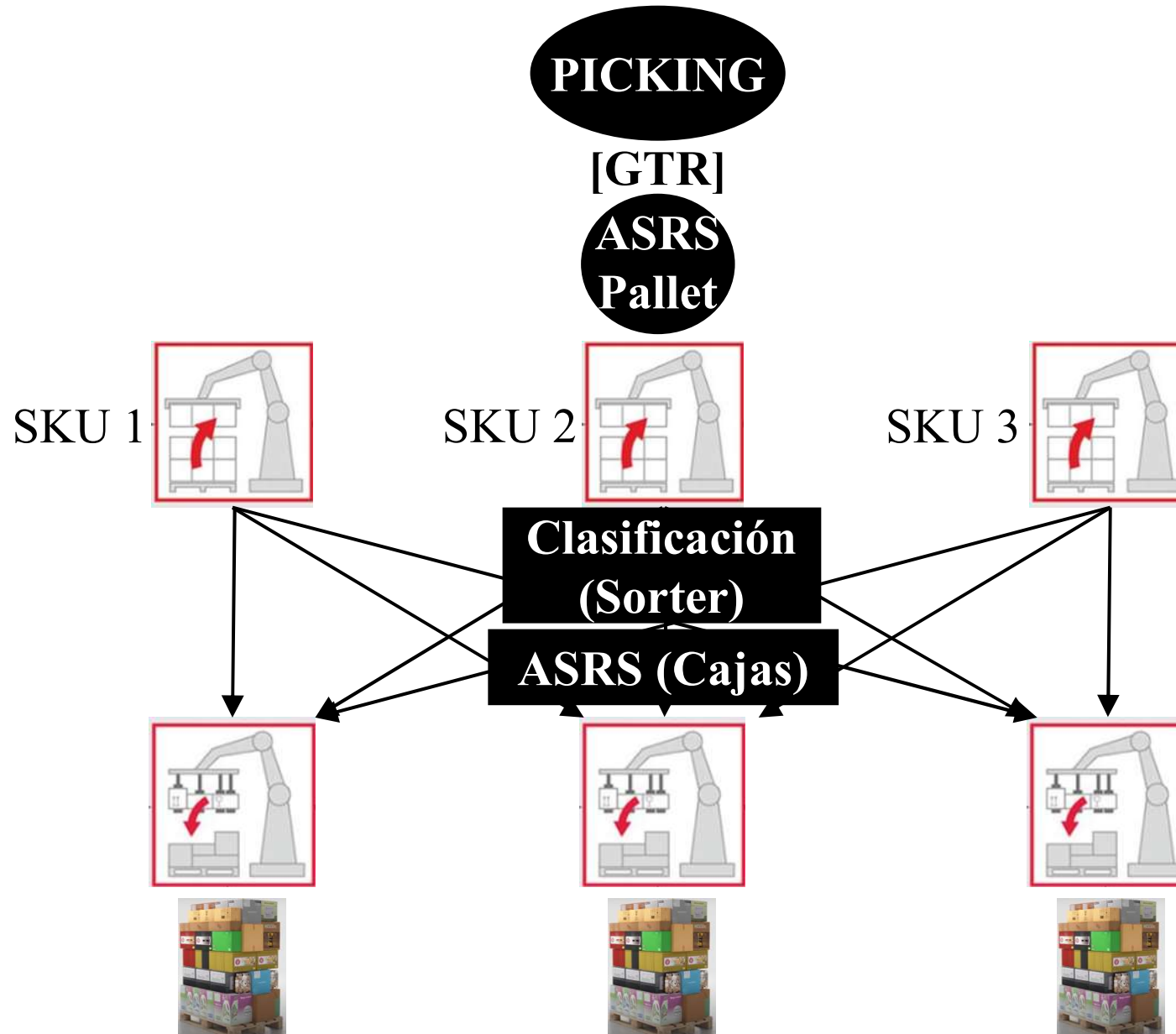
Producto → Persona [GTP] (Goods to Person)

Producto → Robot [GTR] (Goods to Robot)

Modelado Matemático

Infraestructura

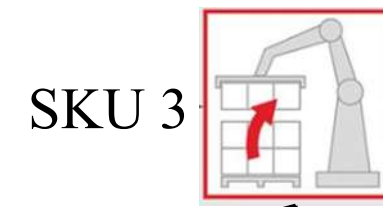
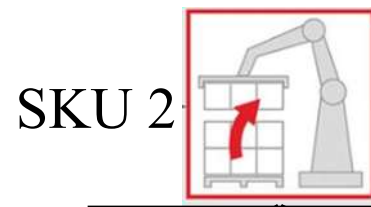
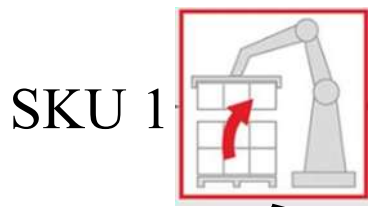
# Preparación de Pedidos



# Preparación de Pedidos

**PICKING** Piezas

[GTR]  
**ASRS**  
Pallet



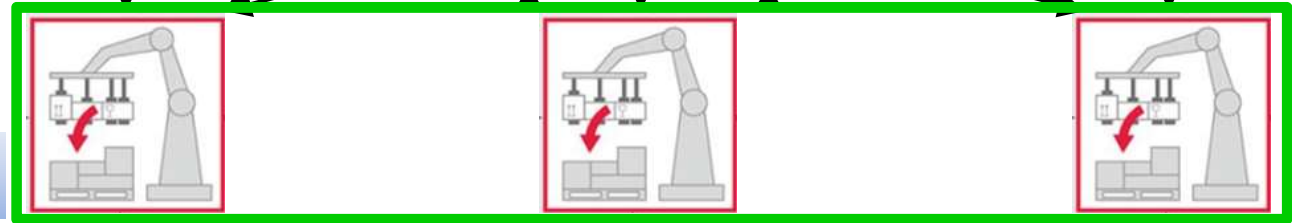
**Clasificación (Sorter)**

<https://www.youtube.com/watch?v=pD14YIUR-ew>  
<https://vimeo.com/301251460>

**ASRS (Cajas)**

Flexibilidad

Manipuladores



Visión Artificial

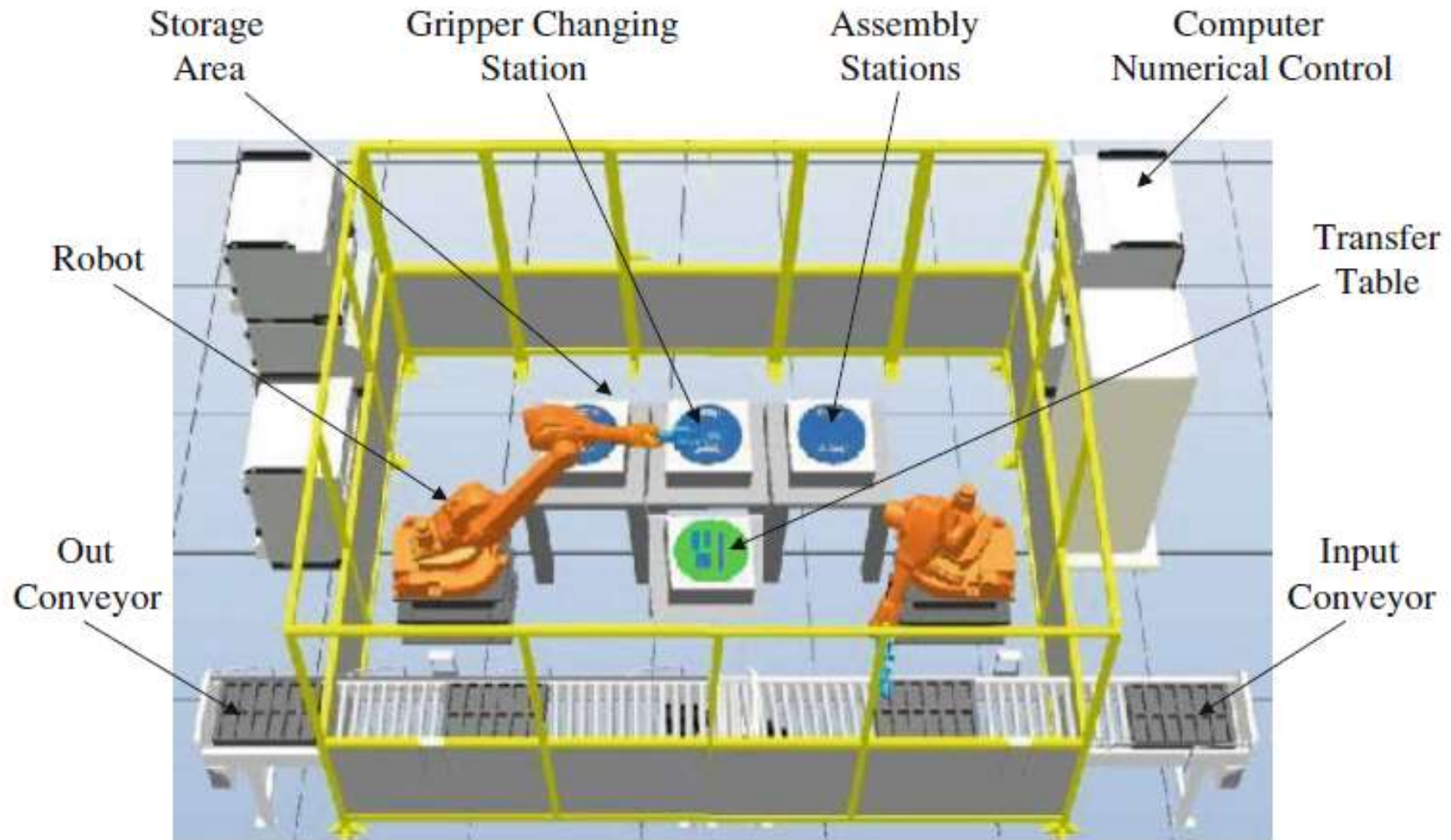




# Robótica Industrial

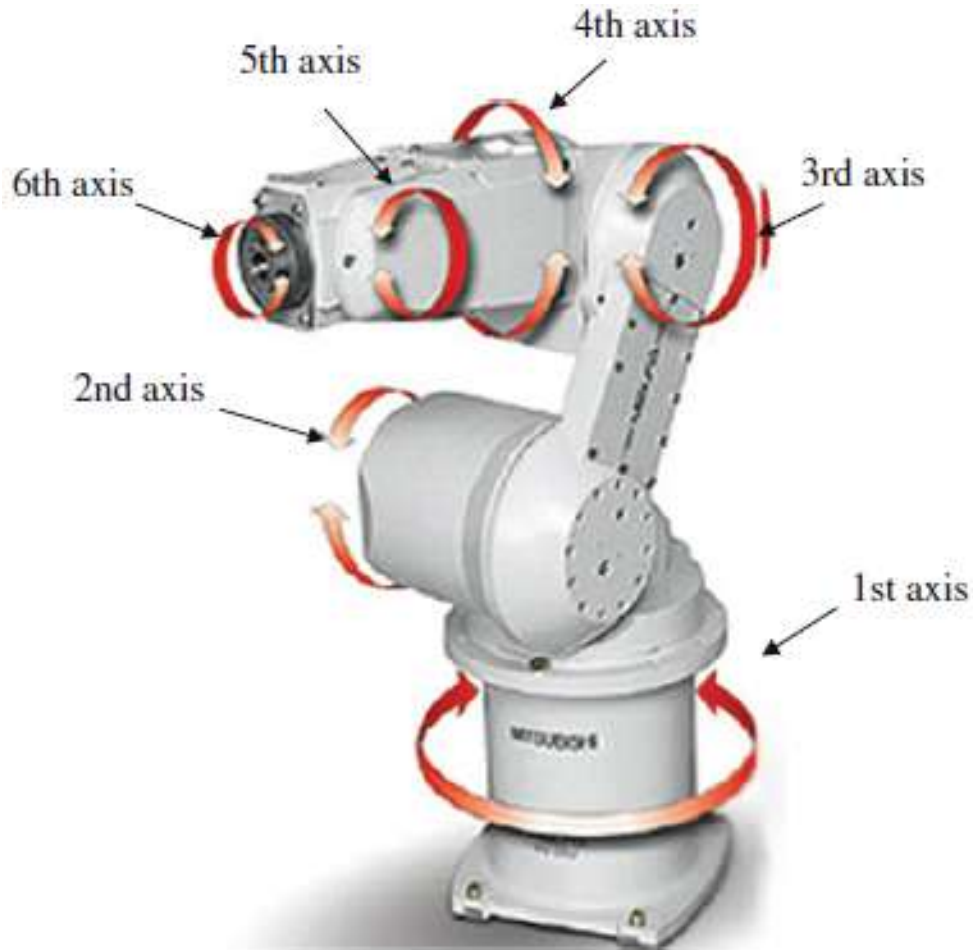
Base Fija

Celdas de Seguridad



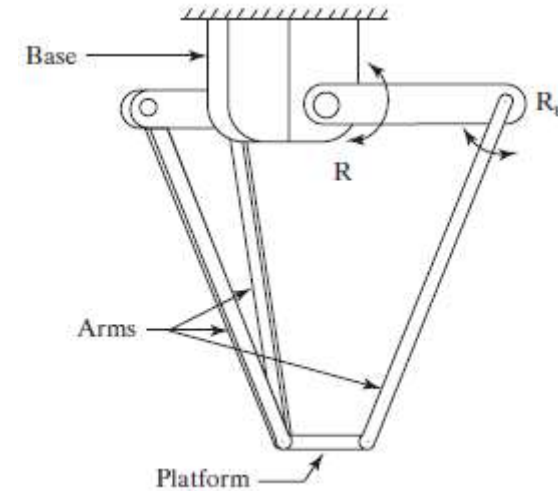
Base Fija

Celdas de Seguridad



Brazo

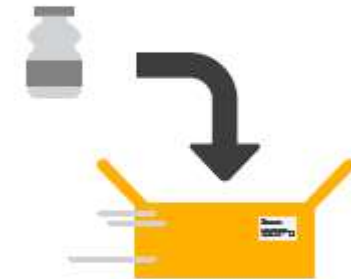
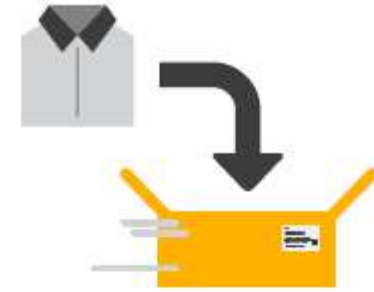
<https://www.youtube.com/watch?v=ZkoX1UxHqfk>



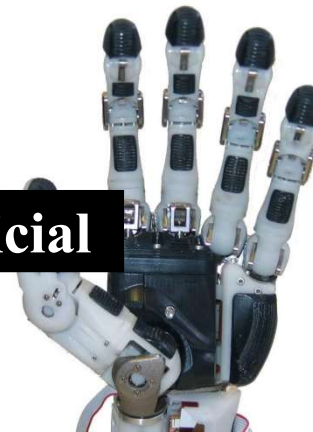
Delta (“Araña”)

<https://www.youtube.com/watch?v=eQ7OBg1ENeE>

# Picking de Piezas



**Tacto Artificial**



# Robótica Colaborativa



Cobot



# Despacho y Expedición



**ASRS**

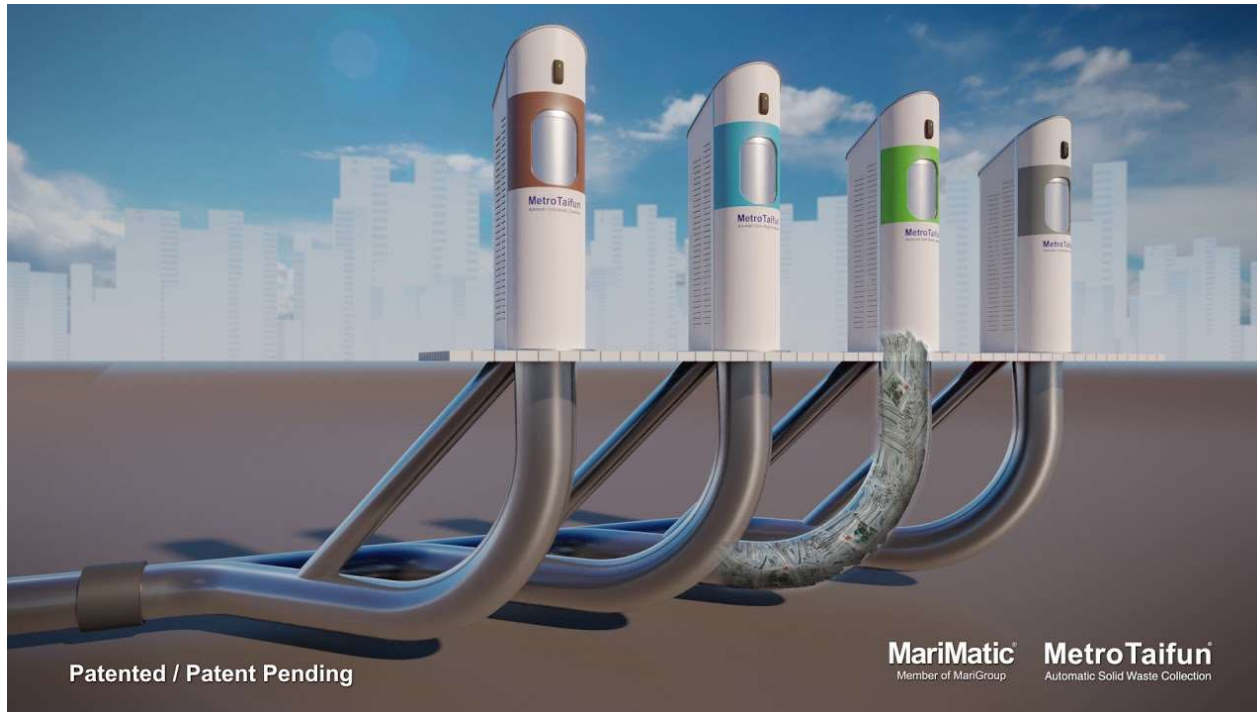


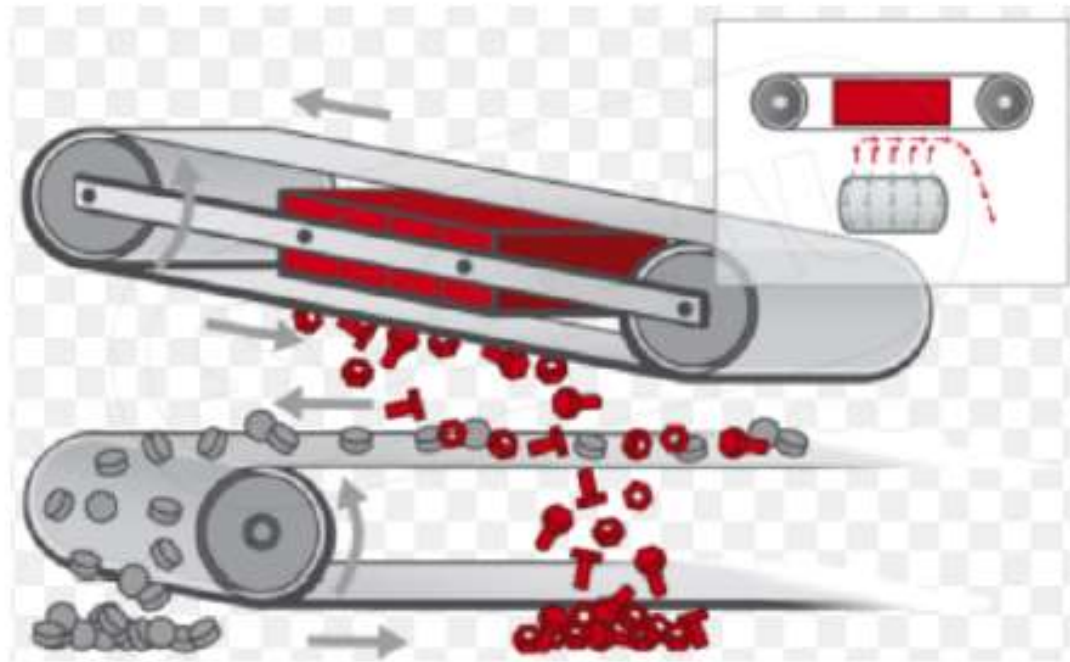
**AGV**

# Logística Reversa



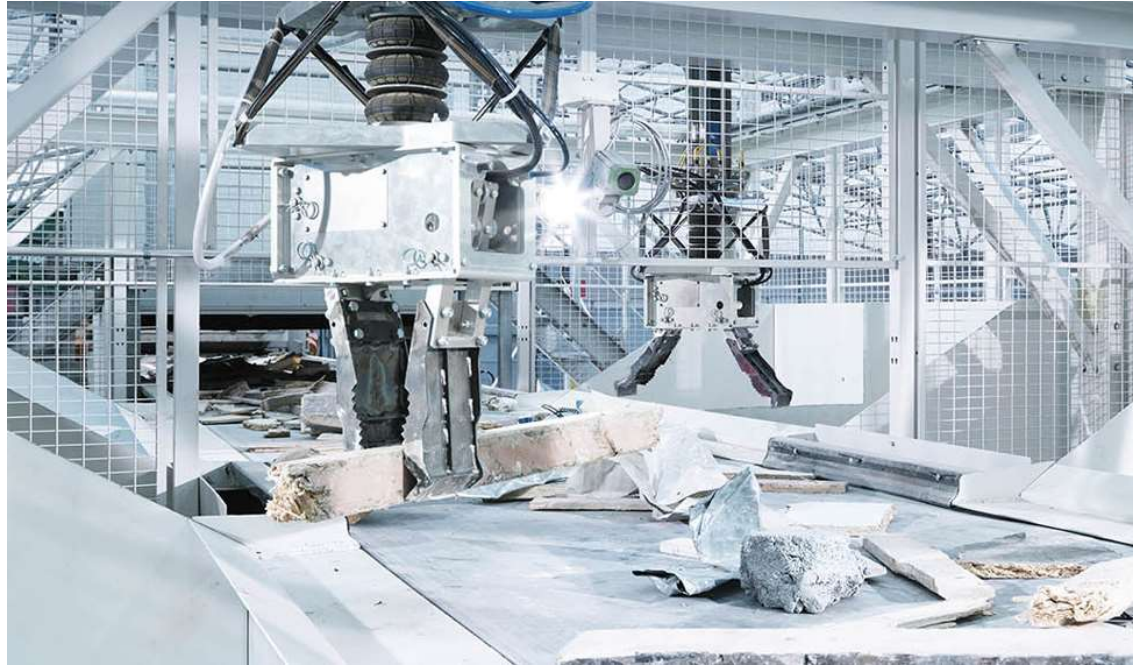




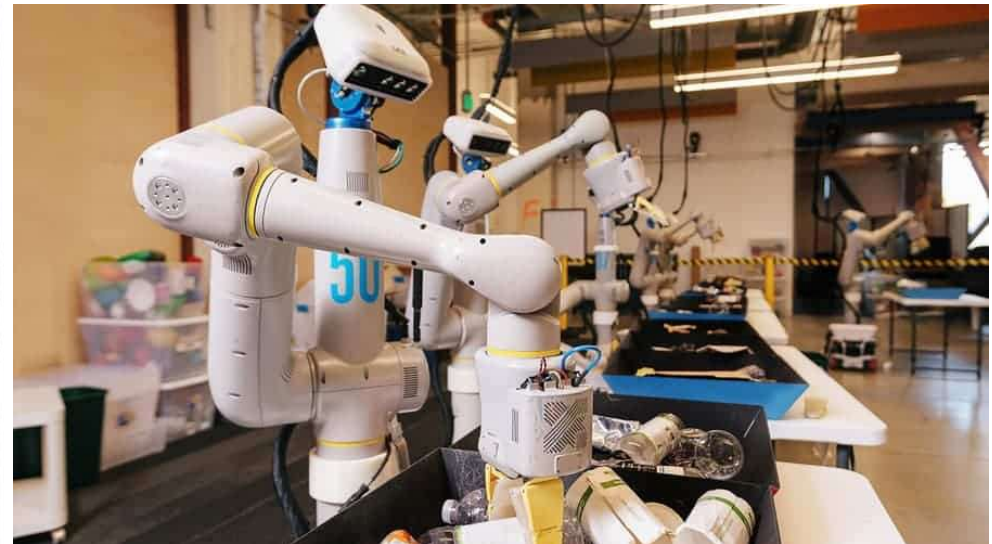




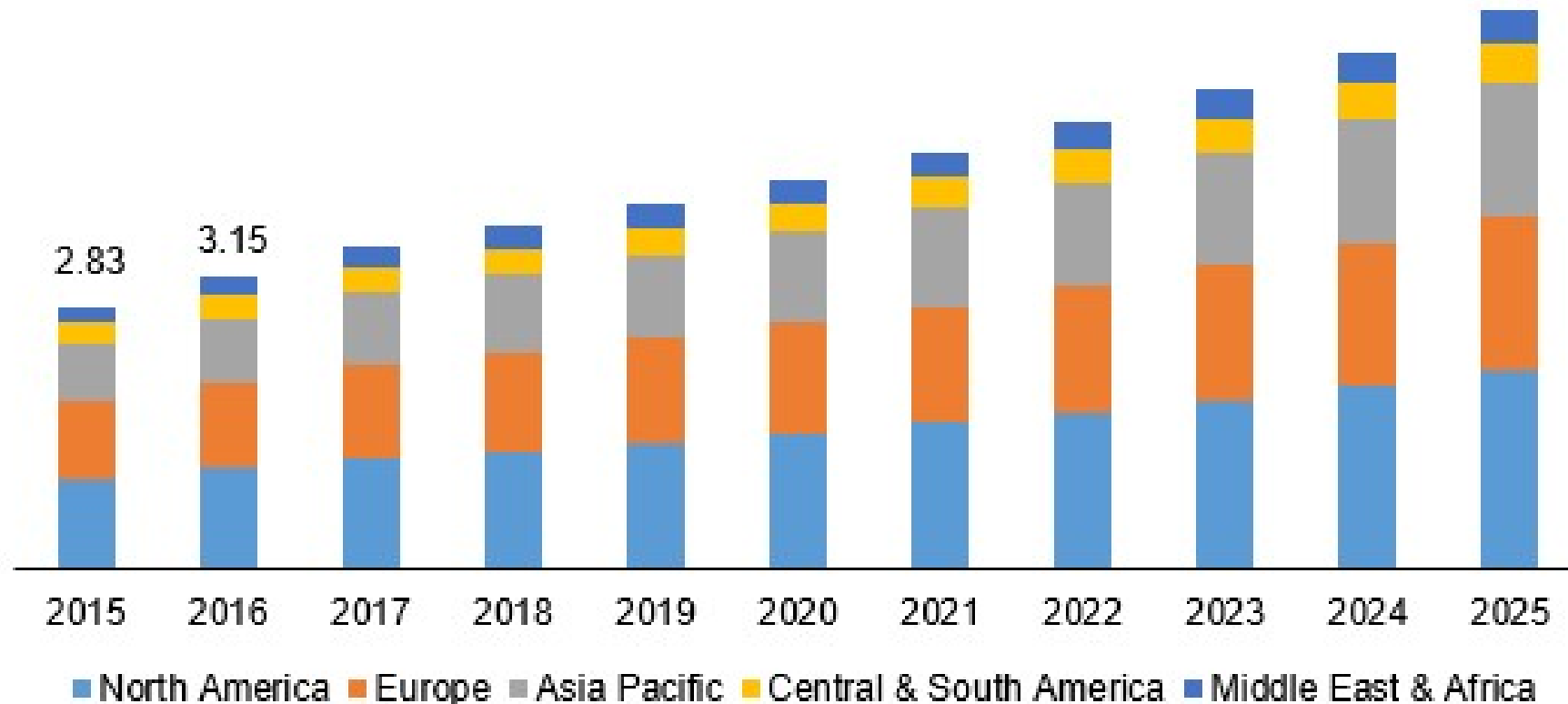
Economía  
Circular



Medio  
Ambiente



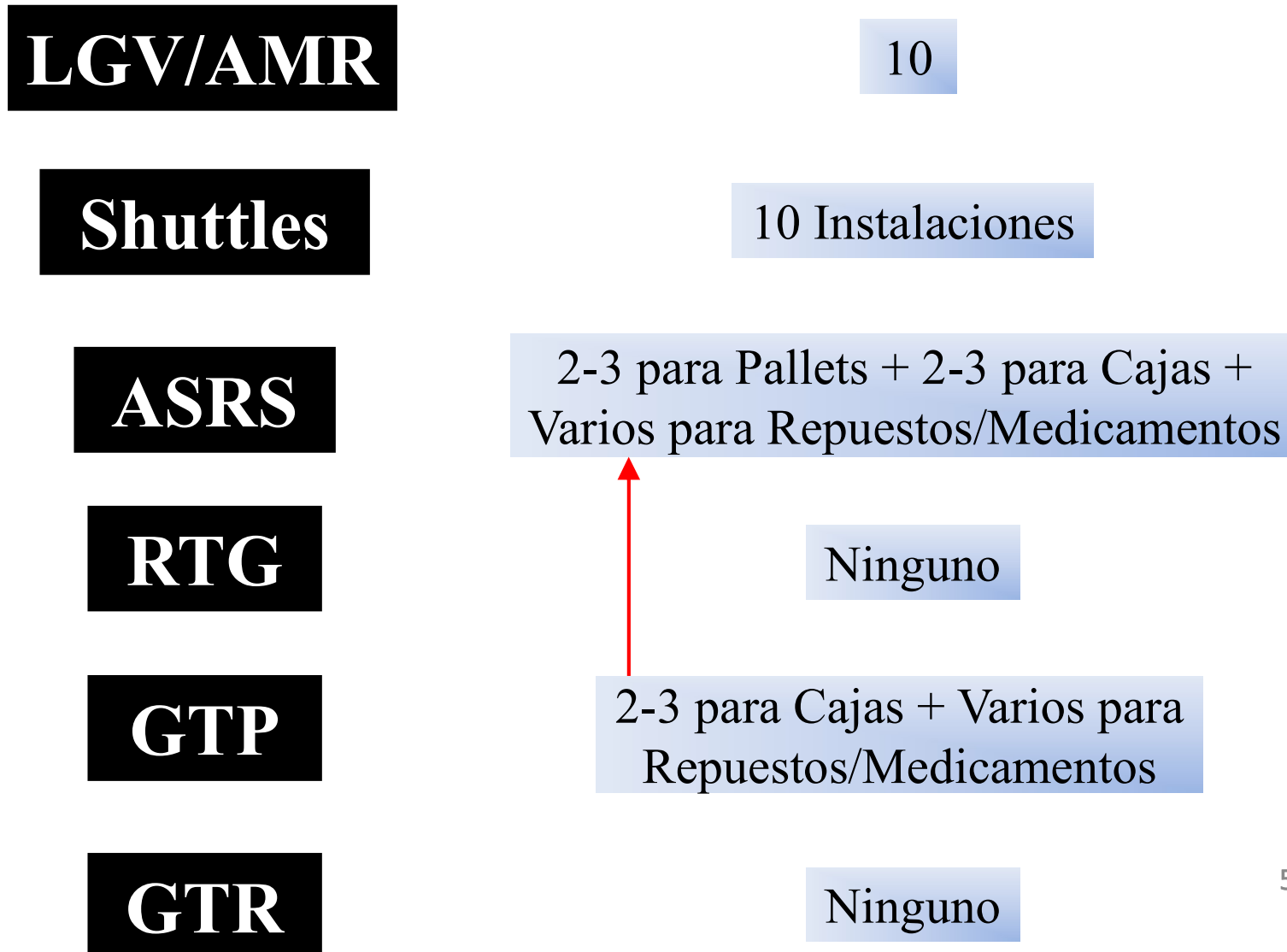
## Global warehouse robotics market size and forecast (USD Billion)



[https://www.hexaresearch.com/research-report/warehouse-robotics-market?utm\\_source=referral&utm\\_medium=prnewswire.com&utm\\_campaign=prn\\_6february\\_warehouserobot\\_rd2](https://www.hexaresearch.com/research-report/warehouse-robotics-market?utm_source=referral&utm_medium=prnewswire.com&utm_campaign=prn_6february_warehouserobot_rd2)

# Intralogística 4.0

## Uruguay



# La Región/Uruguay: Motivos

**Inversiones?**

**Costos?**

**Formación**



Ingeniería de Producción

**Agente de Cambio**



# Referencias

[Robotics and Computer Integrated Manufacturing](https://www.sciencedirect.com/journal/robotics-and-computer-integrated-manufacturing)

(<https://www.sciencedirect.com/journal/robotics-and-computer-integrated-manufacturing>)

[The International Journal of Advanced Manufacturing Technology](https://www.springer.com/journal/170)

(<https://www.springer.com/journal/170>)