

Jaén, 25 de Septiembre de 2014

---

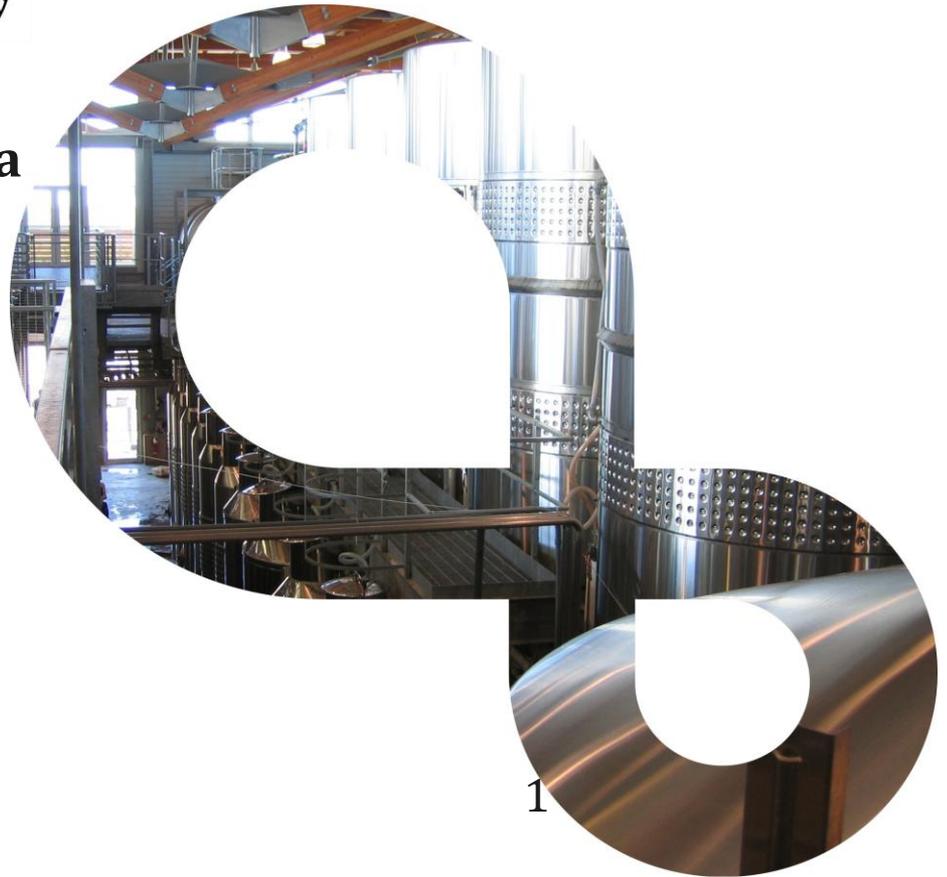


**Aplicación de la Metodología  
Lean & Green para la  
Mejora de la Eficiencia  
Energética**

**Joaquín Fuentes-Pila**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
DE MADRID



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union



## WP4: PROCESOS INDUSTRIALES

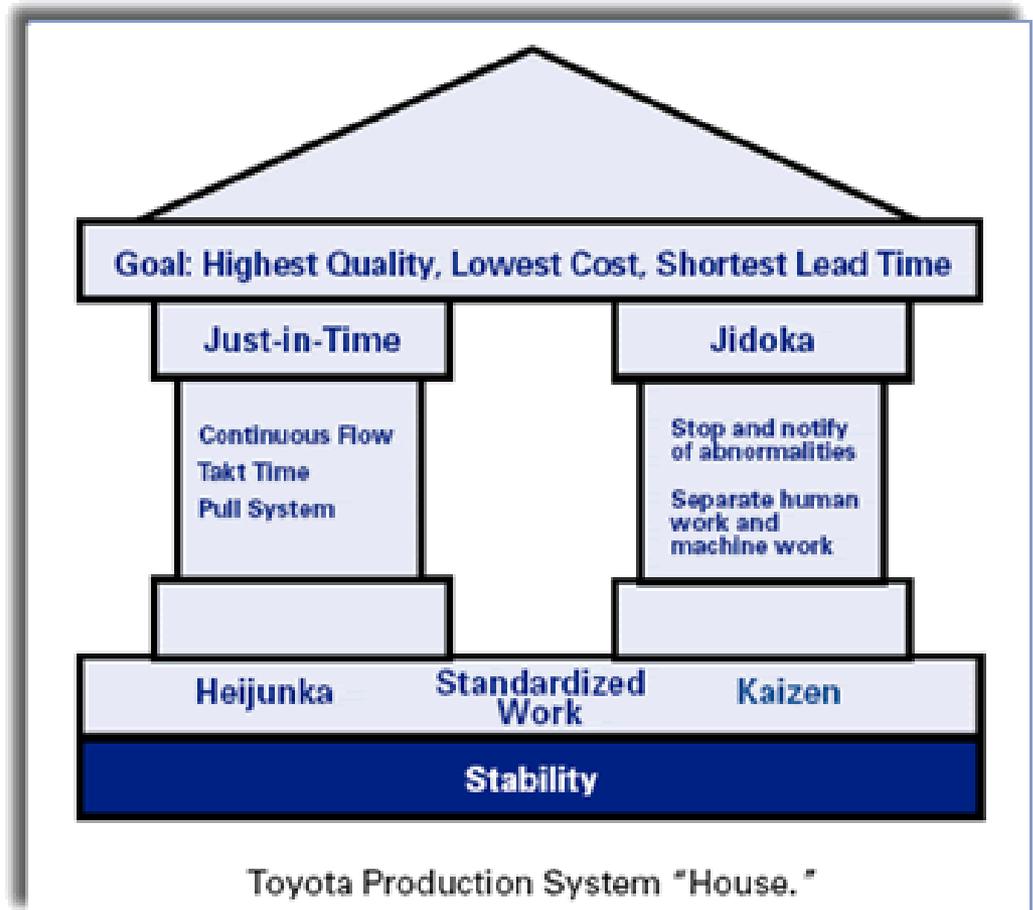
- ❑ **NECESIDAD:** Integrar en los procesos industriales agro-alimentarios el estado del arte en el campo de la mejora de la eficiencia energética.
- ❑ **BARRERA:** La experiencia nos muestra que las metodologías desarrolladas para otras industrias frecuentemente no se adaptan a las características específicas de la industria agroalimentaria.
- ❑ **EJEMPLO:** La estacionalidad o el consumo energético asociado con procesos que tienen una influencia directa sobre atributos de calidad de los productos alimentarias y de sus materias primas.

## UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

- ❑ **UNA APROXIMACIÓN SISTÉMICA:** Las mejoras en la eficiencia operacional contribuyen a mejorar la eficiencia energética. Asimismo las tecnologías de mejora de la eficiencia energética deberían incrementar la eficiencia operacional.
- ❑ **BARRERA:** Las organizaciones tienden a crear unidades separadas (silos) para la **gestión de operaciones** y para la **gestión medioambiental** a pesar de los fuertes vínculos que existen entre el desempeño y los indicadores claves de desempeño que se utilizan en ambos campos.
- ❑ **UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN:** La Filosofía Lean & Green considera que se puede mejorar simultáneamente el desempeño operacional y el medioambiental de una manera radical con el fin de aumentar continuamente la capacidad para generar y entregar valor.

# UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

❑ **PRODUCCIÓN LEAN:** El término “lean” en la denominación “Lean and Green” hace referencia a la aproximación Lean a la excelencia operacional, **un conjunto de principios, estrategias, metodologías y herramientas** inicialmente desarrolladas por Toyota.



Fuente: Marchwinski (2009), Lean Enterprise Institute

# UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

## ❑ DISEMINACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LEAN:

Reconocido como uno de los planteamientos más efectivos para implantar estrategias de Gestión de la Calidad Total, las iniciativas de Producción Lean han proliferado en todo tipo de industrias en una gran variedad de países. Los casos de éxito que han sido documentados en el sector agroalimentario empiezan a ser numerosos.



# UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

❑ **PRODUCCIÓN GREEN:** Puede ser definida como un conjunto de principios, estrategias, metodologías y herramientas que integran las actividades de diseño de productos y procesos con las de gestión de la producción con el fin de identificar, cuantificar, evaluar y gestionar los **flujos de desperdicios medioambientales** para reducir el impacto medioambiental y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos tanto como sea posible.



## UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

- ❑ **DISEMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN GREEN:** Se ha producido con posterioridad y más lentamente que la de la Producción Lean, con un retraso que rondaría los 20 años. Sin embargo, el número de iniciativas de Producción Green está aumentando rápidamente en distintos tipos de industrias y en una variedad de países. La mayoría de los casos de éxito documentados se refieren a experiencias en grandes empresas que llevan varias décadas desplegando estrategias de Gestión de la Calidad Total (Toyota, WalMart, DuPont, Volvo, Sainsbury's, Tesco, Unilever, Marks & Spencer o General Electric).
- ❑ **RESULTADOS ECONÓMICOS:** Los estudios de evaluación económica llevados a cabo sobre la rentabilidad de las iniciativas Lean ponen de manifiesto que dicha rentabilidad puede ser muy elevada. Asimismo, los beneficios económicos de las mejoras Green suelen compensar en gran medida las inversiones y los costes requeridos para implantarlas.

## UNA PERSPECTIVA LEAN & GREEN

- ❑ **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LEAN & GREEN:** Son sistemas de producción diseñados para mejorar continuamente la capacidad de una organización para generar valor para sus principales grupos de interés (incluida la sociedad) teniendo en cuenta las componentes económica, medioambiental y social del valor (Profit, Planet, People). Se están utilizando sistemáticamente herramientas y metodologías Lean & Green para reducir ocho desperdicios Lean y ocho desperdicios Green.
- ❑ **DISEMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN LEAN & GREEN:** Las iniciativas de Producción Lean & Green son relativamente recientes (menos de 10 años). Han sido principalmente promovidas por la Environmental Protection Agency en los Estados Unidos y, a nivel global, por varias empresas consultoras. Se han publicado recientemente casos de éxito en el sector agroalimentario.

## ○ DESPERDICIOS LEAN

- Sobreproducción
- Defectos
- Inventario innecesario
- Transporte innecesario
- Espera (personas y máquinas desocupadas)
- Procesado inapropiado
- Movimientos innecesarios
- Potencial de las personas desperdiciado

## ○ DESPERDICIOS GREEN

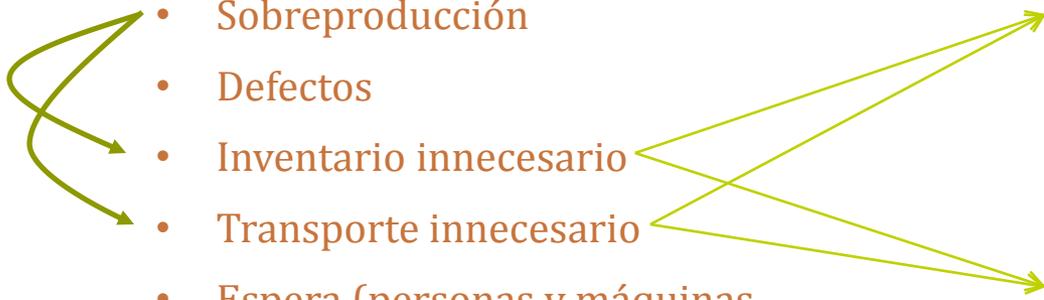
- Consumo energético excesivo
- Residuos físicos (sólidos y líquidos)
- Consumo de agua excesivo
- Emisiones a la atmósfera (principalmente gases de efecto invernadero)
- Contaminación del suelo
- Vertidos al agua y efluentes
- Ruidos y molestias
- Potencial de las personas desperdiciado

## ○ DESPERDICIOS LEAN

- Sobreproducción
- Defectos
- Inventario innecesario
- Transporte innecesario
- Espera (personas y máquinas desocupadas)
- Procesado inapropiado
- Movimientos innecesarios
- Potencial de las personas desperdiciado

## ○ DESPERDICIOS GREEN

- Consumo energético excesivo
- Residuos físicos (sólidos y líquidos)
- Consumo de agua excesivo
- Emisiones a la atmósfera (principalmente gases de efecto invernadero)
- Contaminación del suelo
- Vertidos al agua y efluentes
- Ruidos y molestias
- Potencial de las personas desperdiciado



## ○ DESPERDICIOS LEAN

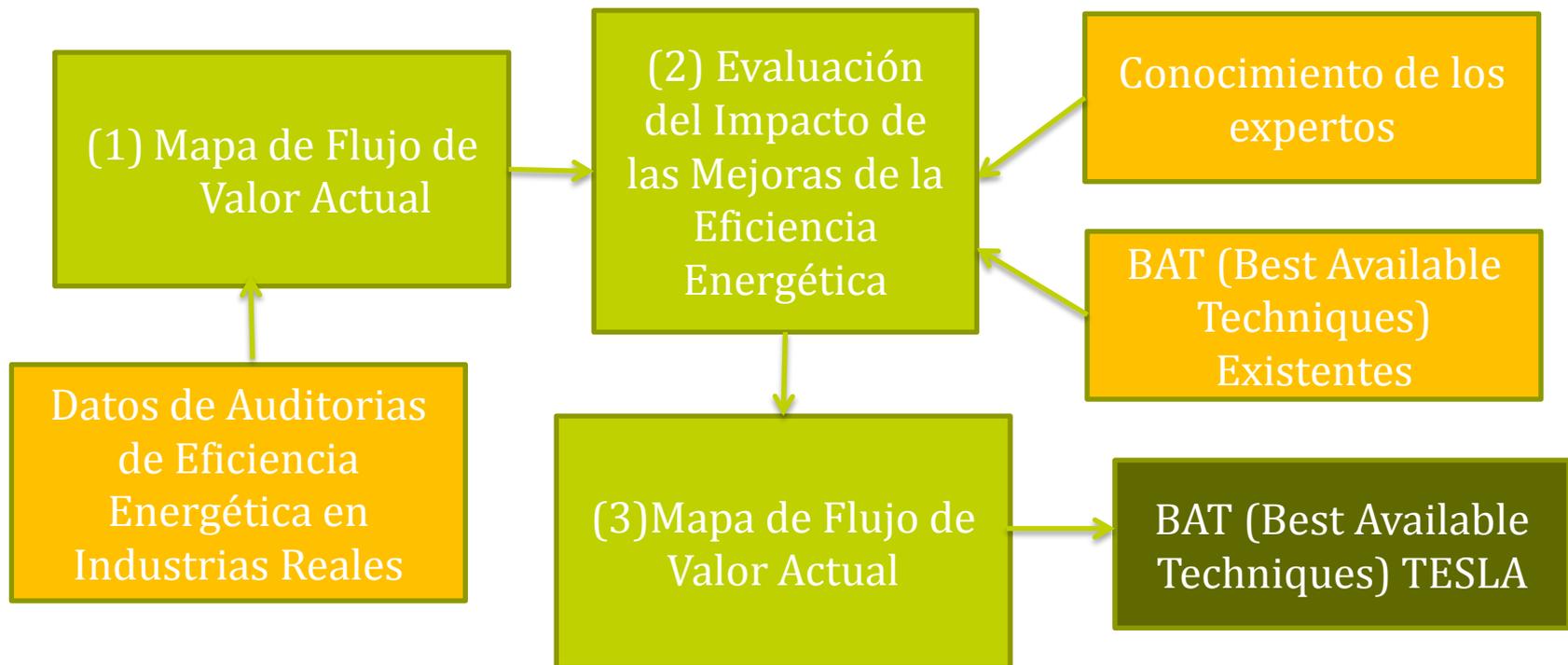
- Sobreproducción
- Defectos
- Inventario innecesario
- Transporte innecesario
- Espera (personas y máquinas desocupadas)
- Procesado inapropiado
- Movimientos innecesarios
- Potencial de las personas desperdiciado

## ○ DESPERDICIOS GREEN

- Consumo energético excesivo
- Residuos físicos (sólidos y líquidos)
- Consumo de agua excesivo
- Emisiones a la atmósfera (principalmente gases de efecto invernadero)
- Contaminación del suelo
- Vertidos al agua y efluentes
- Ruidos y molestias
- Potencial de las personas desperdiciado

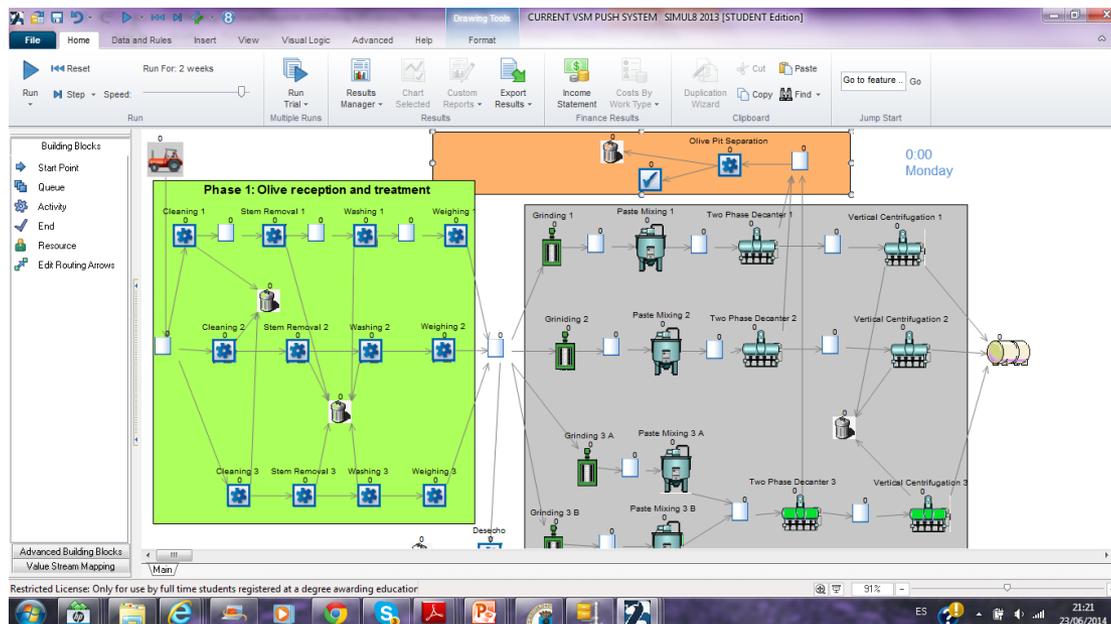
# MAPEO DEL FLUJO DE VALOR

- ❑ **EXTENDED VALUE STREAM MAPPING:** Esta metodología Lean & Green está siendo aplicada para comprender y evaluar el impacto de diferentes propuestas para la mejora de la eficiencia energética teniendo en cuenta distintos indicadores claves de desempeño (consumo, eficiencia y costes energéticos junto con indicadores claves de desempeño operacional).



# MAPEANDO CON SIMUL8

- ❑ **MAPEANDO CON SIMUL8:** Se está utilizando el **software de simulación SIMUL8** para desarrollar los Mapas de Flujo de Valor para cada tipo de industria. Se analizan y evalúan diferentes alternativas para la mejora de la eficiencia energética en un entorno de simulación. Se generan estimaciones probabilísticas del impacto sobre los indicadores clave de desempeño. El Mapa de Flujo de Valor Futuro se desarrollará también con SIMUL8.



### □ VENTAJAS DE UTILIZAR TÉCNICAS DE SIMULACIÓN:

1. Los modelos de simulación que se están desarrollando se pueden utilizar para evaluar el impacto de diferentes medidas para mejorar la eficiencia energética **previamente a su implantación**.
1. SIMUL8 proporciona un **interfaz gráfico** que permite a los expertos , a los directivos y a los técnicos visualizar el impacto de las distintas propuestas de mejora.
2. Los modelos de simulación pueden ser validados por los expertos , los directivos y los técnicos y pueden ser **modificados fácilmente siempre que sea necesario**.

### □ VENTAJAS DE UTILIZAR TÉCNICAS DE SIMULACIÓN:

4. Se pueden diseñar pruebas que permitan obtener los **resultados en términos probabilísticos** (valores esperados, intervalos probabilísticos, riesgo de obtener ciertos resultados no deseados).
5. Asumir un **ambiente de riesgo** para la toma de decisiones es más realista que asumir un ambiente de certidumbre.
6. Los modelos de simulación pueden ser fácilmente modificados para representar las características específicas de una determinada empresa con el fin de **desarrollar soluciones a la medida** para la mejora de la eficiencia energética.

# OPORTUNIDADES DE MEJORA

## ❑ SISTEMAS PUSH VERSUS SISTEMAS PULL:

- ❖ Un Sistema de Producción Push se basa en diseñar las industrias con una determinada capacidad de producción y en intentar maximizar la producción asumiendo que cuanto mayor es la producción mayor es la eficiencia operacional y la capacidad del sistema para evitar rupturas de stock.
- ❖ Desde la perspectiva del Sistema de Producción Toyota (la principal referencia global para la Producción Lean), los Sistemas Push generan sistemáticamente **Sobreproducción, Inventarios Innecesarios y Transporte Innecesario**.
- ❖ Si tenemos en cuenta la relación que existe entre estos desperdicios Lean y el Consumo de Energía Excesivo, un desperdicio Green, un Sistema Push también genera sistemáticamente **Consumo Energético Innecesario**.

## OPORTUNIDADES DE MEJORA

### ❑ SISTEMAS PUSH VERSUS SISTEMAS PULL:

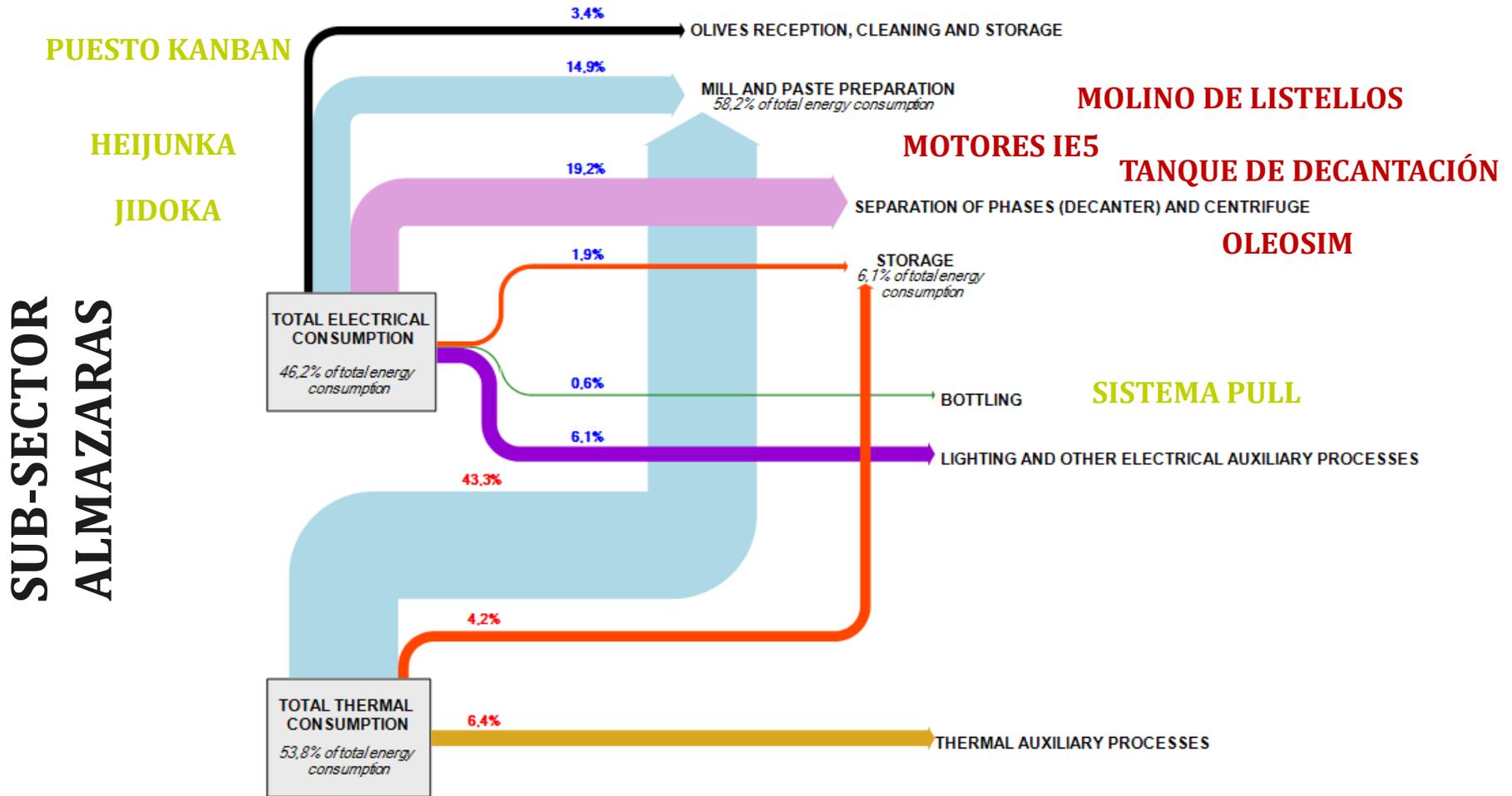
- ❖ El Sistema de Producción Toyota fue diseñado como un Sistema Pull en el que son los pedidos de los clientes son los que marcan el ritmo de producción, buscando que sea el **Takt Time** (el ritmo de los pedidos) el que dirija armónicamente el flujo de producción
- ❖ Ese es el fundamento del **Sistema Just-in-Time** que desarrolló e implantó Toyota convirtiéndose en la referencia mundial en el ámbito de la producción en serie.

## OPORTUNIDADES DE MEJORA

### ❑ SISTEMAS PUSH VERSUS SISTEMAS PULL:

- ❖ Una almazara, una bodega o un centro hortofrutícola podrían ser considerados como paradigmas de sistemas Push.
- ❖ Nos llegan las aceitunas, las uvas y las hortalizas o las frutas y hay que ver cómo maximizamos la capacidad de procesamiento de nuestras industrias.
- ❖ El término clave sería la cantidad de producto procesado por unidad de tiempo.
- ❖ La llegada de las materias primas es la que marca el ritmo de producción.
- ❖ Esta visión sistemáticamente genera Sobreproducción, Inventario Innecesario y Transporte Innecesario y, consecuentemente, **Consumo Energético Excesivo**.

# DIAGRAMA SANKEY



Percentage values (%) in blue refer to electrical energy consumption  
 Percentage values (%) in red refer to thermal energy consumption

# RESULTADOS PARA ALMAZARAS

## ❑ RESULTADOS PRELIMINARES PARA ALMAZARAS:

- ❖ Para almazaras, se han evaluado con SIMUL8 diferentes medidas de mejora y se ha desarrollado un Mapa de Flujo de Valor Futuro preliminar.
  - ❑ Para reducir desperdicios Lean, las medidas de mejora que se han evaluado son las siguientes:
    1. Heijunka: Equilibrar los niveles de producción, evitando cuellos de botella.
    2. Jidoka: Automatización con un toque humano. Se modelizó un sistema automatizado que da prioridad a la utilización de la línea o las líneas con un mayor eficiencia energética.
    3. Puesto Kanban: Se modelizó un sistema de señales para evitar sobreproducción postponiendo las entregas de aceitunas cuando se alcanzan ciertos niveles en recepción.
    4. Sistema Pull: Se modelizó la implantación de un Sistema Just-in-Time en el proceso de embotellado.

# RESULTADOS PARA ALMAZARAS

## ❑ RESULTADOS PRELIMINARES PARA ALMAZARAS:

- ❖ Para mejorar la Eficiencia Energética, las tecnologías que se han evaluado con SIMUL8 son las siguientes:
  1. Molinos de Listellos en la tres líneas (Estimado Payback: 5 años).
  2. Motores IE5 en la termobatidora y en la centrífuga vertical en las tres líneas (Estimado Payback: 3 años).
  3. Un equipo Oleosim para las tres líneas (Estimado Payback: 5 años).
- ❑ Las estimas del Payback se han calculado a partir de los resultados obtenidos con SIMUL8.
- ❑ Otra alternativa es incorporar el Molino de Listellos y los Motores IE5 solamente en una línea.

# RESULTADOS PARA ALMAZARAS

## ❑ TRABAJOS FUTUROS:

- ❖ Validación de los modelos de simulación con los expertos que participan en el Proyecto TESLA.
- ❖ Adaptación del modelo de simulación a las características específicas de otra almazara (que disponga de datos obtenidos en una auditoría de eficiencia energética) en un segundo país.
- ❖ Validación del nuevo modelo de simulación con los expertos del Proyecto TESLA.
- ❖ Realización de ensayos de simulación (varias simulaciones para un mismo modelo) para generar resultados probabilísticos.
- ❖ Integración de los resultados y de las conclusiones obtenidas en las Guías BAT (Best Available Practices) que se van a desarrollar en el Proyecto TESLA.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union