

Joseph Eli Izquierdo-Obando
joseph.izquierdo@pucese.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5828-7767>
Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia
de Esmeraldas, Ecuador

Diego Ángel Méndez Castillo
diegomen.87@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-2674-2271>
Master en gestión de riesgos Químicos, Corporación
Eléctrica del Ecuador

Carlos Patricio Arroyo Vilela
cparroyo@espol.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1276-4828>
Corporación Eléctrica del Ecuador.

Carlos Julio Reyes Vera
carlo.julio.78@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-1401-9097>
MBA mención en Planeación

Jaime Rafael Bastidas-Heredia
jaime.rafael.bastidas@upc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3022-5756>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de
Esmeraldas, Ecuador

Jonathan Geovanny Velásquez Mora
velasquezmora01@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-5149-387X>
Docente de Mecánica en el Centro Tecnológico Naval
de la Escuela de Grumetes de la Armada Nacional del
Ecuador

José Luis Sampietro Saquicela
jose.sampietro@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0610-089X>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de
Esmeraldas, Ecuador

Diseño de un proceso de producción para bicicletas con enfoque en la planeación de stocks, demanda, producción y capacidad de planta

Design of a production process for bicycles with a focus on inventory planning, demand, production and plant capacity

RESUMEN:

En el presente artículo se muestra el proceso productivo de un elemento de manufactura como lo es una bicicleta, para lo que mediante algoritmos se planifica tanto el proceso de producción y de demanda, ajustando los métodos para poder satisfacer la misma desde el punto de vista de varias técnicas de producción, como el Just in Time, entre otras. El elemento de manufactura puede ser dividido en varios tipos, por lo que será necesario la diversificación de la producción para cumplir con los requerimientos de la demanda. La planificación del Stock, de los límites de holgura y costes mínimos serán analizados dentro de la función de coste que modelizará lo descrito.

PALABRAS CLAVE: Procesos, bicicletas, planeación, demanda, producción.

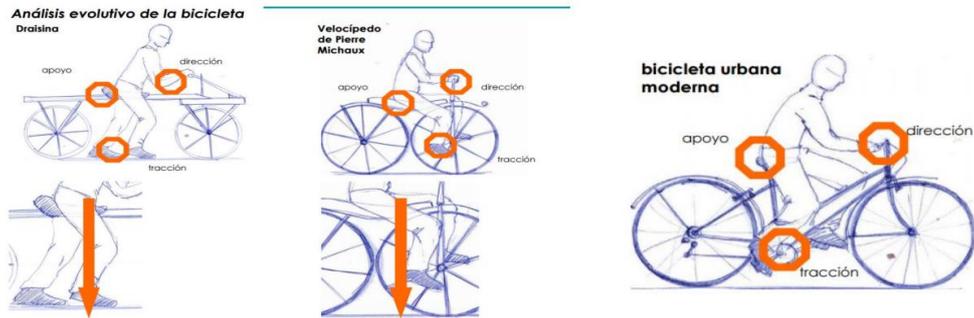
ABSTRACT:

This article shows the production process of a manufacturing element such as a bicycle, for which through algorithms both the production process and demand are planned, adjusting the methods to be able to satisfy it from the point of view of various production techniques, such as Just in Time, among others. The manufacturing element can be divided into several types, so the diversification of production will be necessary to meet the requirements of the demand. Stock planning, slack limits and minimum costs will be analyzed within the cost function that will model what has been described.

KEYWORDS: Processes, bicycles, planning, demand, production.

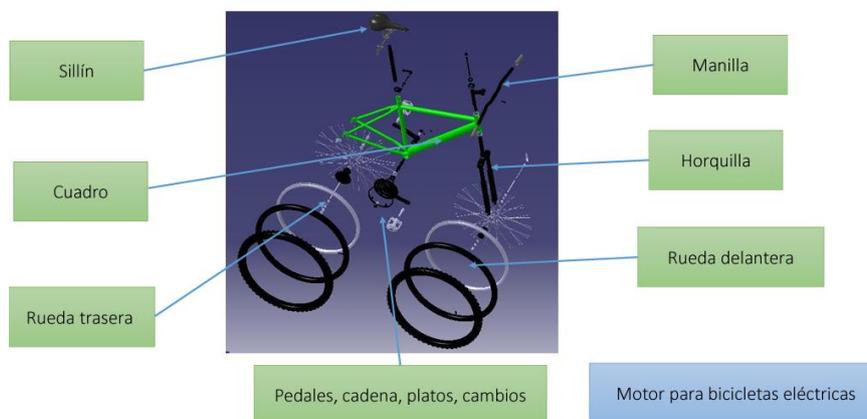
Introducción

Antes de mencionar el análisis de producción en línea como tal se hará referencia en la Figura 1 al proceso de evolución del bien que se va a crear, en este caso las bicicletas.



Las tareas en línea son aquellas que se llevan a cabo por diferentes operarios, cada uno de ellos haciendo una tarea de forma especializada. El producto que se está fabricando fluye a lo largo de la línea de montaje, donde cada uno de los operarios realiza la operación que le corresponde. Así, se hace evidente que el tiempo que invierta cada uno de ellos en el desempeño de su tarea influirá de forma directa en el desarrollo del trabajo realizado por el siguiente operario. Por ejemplo, en la Figura 2 se indica el proceso productivo para el caso de las bicicletas.

Proceso de producción



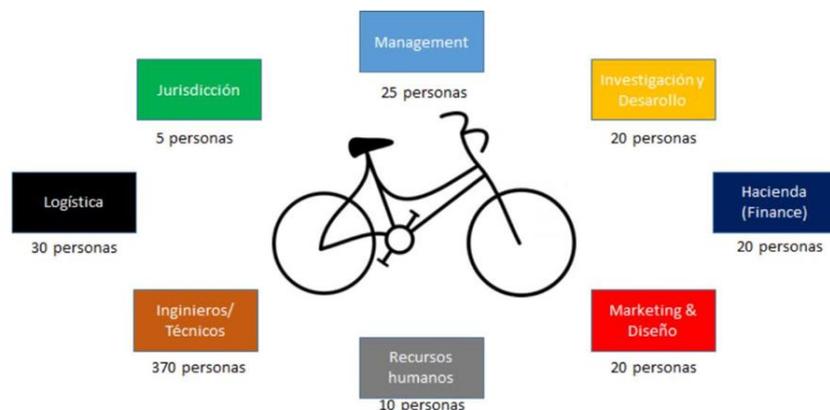
Como ya hemos mencionado, el producto circula de un operario a otro hasta que finaliza la tarea. Sin embargo, cuando tengamos que estudiar este tipo de trabajos en línea, deberemos tener muy en cuenta las condiciones y carga de trabajo de cada uno de los operarios/puesto de trabajo. Normalmente, cuando hablamos de producción en línea, tienden a producirse desequilibrios entre los diferentes puestos. Ello se debe fundamentalmente a una incorrecta planificación sobre la carga de trabajo que debe soportar cada uno de los operarios de la cadena.

Si en un determinado puesto de trabajo la carga es muy superior a la del resto, esto generará un condicionante o cuello de botella dentro de la cadena. Este desequilibrio de cargas, condicionará

de forma inexorable el ritmo de trabajo, ya que el puesto con mayor carga de trabajo ralentizará el tiempo de procesado del resto de puestos u operarios.

Todos aquellos desequilibrios que puedan originarse en la cadena de montaje, influirán de forma negativa en la productividad de la empresa y en la pérdida de dinero de ésta.

De ahí, la importancia de equilibrar bien cada puesto de trabajo en relación a la carga de trabajo de los mismos. Sin duda, una de las premisas más importantes que ha de cumplir una producción o trabajo en línea es la de mantener una velocidad de flujo constante, más allá de la velocidad individual de cada operario que forma parte de la cadena. Debemos tener en cuenta que la cadena de montaje es un trabajo en equipo, donde todos los operarios deben ir a una y perseguir un mismo objetivo. Cuando los objetivos se vuelven individuales, lo que genera son células independientes dentro de la cadena, dejando el trabajo en cadena o trabajo en equipo, de tener sentido como tal. La figura 3 nos muestra los recursos necesarios para una planta de producción de bicicletas.



Para calcular el tiempo estándar de una tarea llevada a cabo por diferentes operarios de una cadena, bien sea colocados en línea o paralelo, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Número de operarios} \times \text{Ciclo limitante}$$

Otro concepto igualmente importante que debemos conocer es el del tiempo de ciclo. Llamamos tiempo de ciclo a aquel tiempo que transcurre entre la entrega de dos unidades de producto o artículo terminado, y vendrá condicionado por el puesto dentro de la cadena con mayor carga de trabajo. Así, el tiempo de ciclo es:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Ciclo de tiempo limitante}$$

Con el fin de conocer el grado de productividad de la cadena, primero deberemos familiarizarnos con estos nuevos términos que se explican a continuación junto a sus respectivas fórmulas. Haciendo énfasis puntal en el proceso de producción de bicicletas, debemos saber que se tiene que tener en claro la motivación para elección, las consideraciones medioambientales, el modelo de transporte en expansión y el producto con muchas variantes a desarrollar. También es importante las normas de

una planta, mismas que son: ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad ISO 14001, Sistemas de gestión medioambiental (Estándares de Gestión Medioambiental en entornos de producción) OHSAS: gestión de la salud y de la seguridad al trabajo. Para las normas de bicicletas con asistencia eléctrica es importante saber que se debe contar con un motor eléctrico auxiliar de potencia nominal continua máxima de 250W, un paro del motor cuando la velocidad de la bicicleta alcance los 25km/h (antes de 25km/h, una disminución progresiva), conocimiento de las normas de compatibilidad electromagnética y haber testado cada elemento electrónico y de cada bicicleta.

En la Figura 3, se muestran las normas para la producción de bicicletas.

Planificación de la producción de bicicletas.

En la Figura 4 se indican las actividades necesarias para instalar y ensamblar una bicicleta, en donde se toman en cuenta las predecesoras como actividades base que debe desarrollar una línea de producción.

Tipo de bicicleta	Normas relacionadas
Bicicletas de paseo/ciudad	UNE-EN1476
Bicicletas para los niños jóvenes	UNE-EN14765
Bicicletas todo-terreno	UNE-EN14766
Bicicletas de competición	UNE-EN1478
Bicicletas con asistencia eléctrica	UNE-EN 15194:2009, Directiva 2006/42/CE, Directiva 2004/108/CE, Normativa BATSO

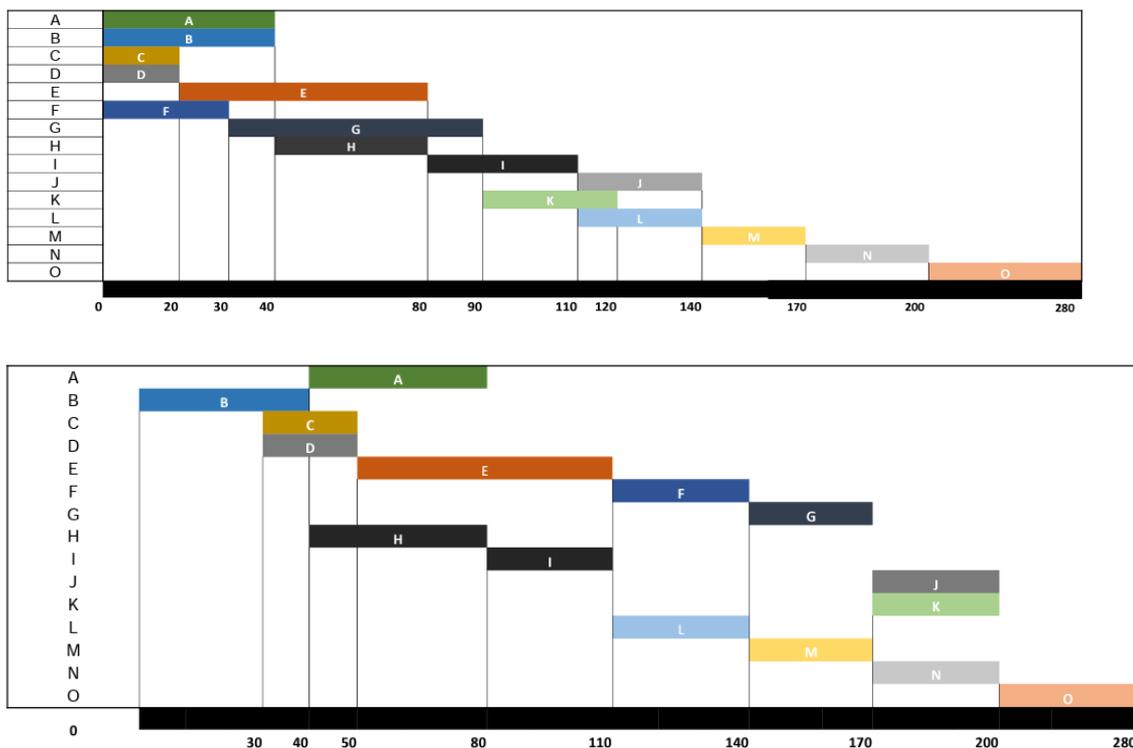
Referente a los procesos de producción tenemos que son un conjunto de actividades enlazadas entre sí que se compone de una o más materias primas que son transformadas, generando un resultado. Además, los procesos industriales son secuencias de procesos químicos, físicos o biológicos para recuperar, producir o eliminar materiales o productos. Que se clasifican principalmente en dos tipos de procesos (Siemens, 2005):

Codigo	ACTIVIDADES	pj (segundos)	Pj
A	Ensamblar el manillar sobre el cuadro	40,0	N/A
B	Ensamblar la horquilla sobre el cuadro	40,0	N/A
C	Comprobación de dureza de los radios	20,0	N/A
D	Comprobación de dureza del caucho	20,0	N/A
E	Ensamblaje de las ruedas delanteras	60,0	C, D
F	Preparación de las bielas para el ensamblaje	30,0	N/A
G	Ensamblaje de los pedales con las bielas	60,0	F
H	Ensamblaje del sillín	40,0	B
I	Ensamblaje final del cuadro	30,0	A, H
J	Ensamblaje el plato	30,0	I
K	Ensamblaje los pedales	30,0	G
L	Ensamblaje la rueda trasera sobre el cuadro	30,0	E, I
M	Comprobar la posición de las ruedas sobre la horquilla	30,0	L
N	Poner el piñón	30,0	M
O	Poner la cadena	80,0	J, K, N

a) Procesos Continuos: Este método se utiliza para fabricar, producir o procesar materiales sin interrupción, a través de un proceso de flujo continuo que 27 permite mantener los materiales en continuo movimiento y generalmente, funcionando las 24 horas al día, siete días a la semana con alguna parada de mantenimiento, aunque poco frecuente. Algunas características principales que tienen estos procesos son las siguientes: los productos están estandarizados, la producción sigue unos estándares de calidad y se produce con anticipación a la demanda. (EAE Business School, 2014).

Dentro de estos procesos continuos como el de la Bicicleta, la Figura 5 y 6, muestran los tiempos mínimos para la producción.

Diagrama de Gantt (Tiempos Mínimos):



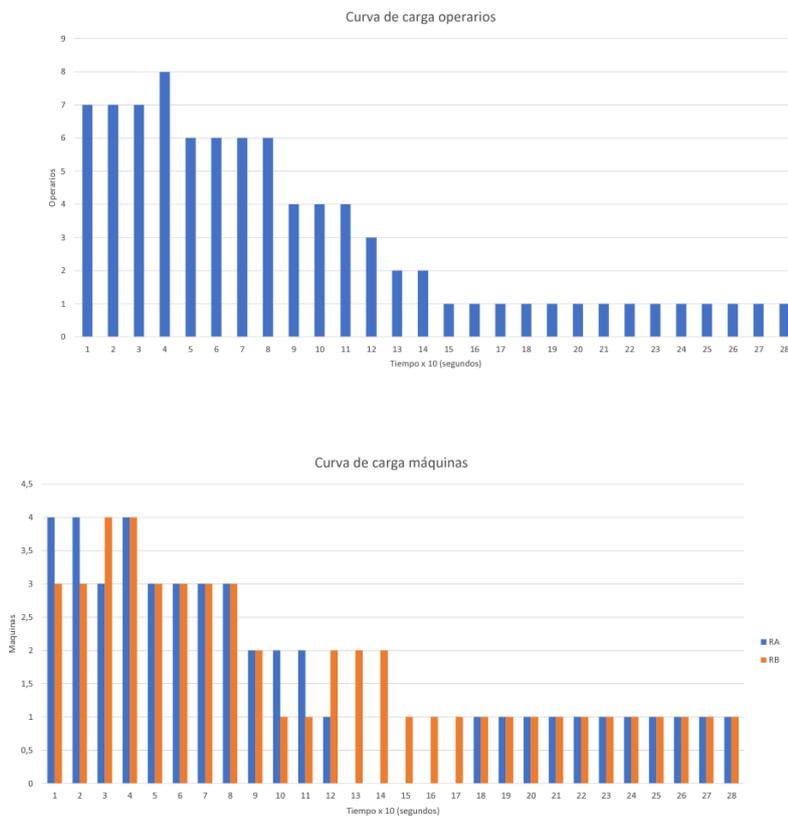
La Figura 7, hace referencia a los insumos o recursos mostrados en las 2 figuras anteriores, para lo que se colocan el tiempo de producción en días, para señalar la ruta crítica mínima. Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Para realizar las actividades, la empresa contará en esta nueva instancia con técnicos, cuya especialización le permite realizar cualquiera de las actividades.
- Se poseen máquinas de tipo RA, la misma que sirve para ajustar las piezas.
- Se poseen máquinas de tipo RB, las mismas que nos permiten sostener las piezas con la presión adecuada.

Codigo	ACTIVIDADES	DURACION	OPERADORES	MAQUINAS
A	Ensamblar el manillar sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
B	Ensamblar la horquilla sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
C	Comprobación de dureza de los radios	20,0	1	RA
D	Comprobación de dureza del caucho	20,0	1	RA
E	Ensamblaje de las ruedas delanteras	60,0	2	RA, RB
F	Preparación de las bielas para el ensamblaje	30,0	1	RB
G	Ensamblaje de las pedales con de las bielas	60,0	2	RA, RB
H	Ensamblaje del sillín	40,0	2	RA, RB
I	Ensamblaje final del cuadro	30,0	2	RA, RB
J	Ensamblaje el plato	30,0	1	RB
K	Ensamblaje los pedales	30,0	2	RA
L	Ensamblaje la rueda trasera sobre el cuadro	30,0	1	RB
M	Comprobar la posición de las ruedas sobre la horquilla	30,0	1	RB
N	Poner el piñón	30,0	1	RA, RB
O	Poner la cadena	80,0	1	RA, RB

Se deben tener en consideración las curvas de carga con inicio mínimo, la cual es indispensable para poder analizar el proceso productivo una vez que se establezca la demanda y a capacidad de manufactura. La Figura 8 y 9 muestran la misma.

Curvas de carga con inicio mínimo (1)

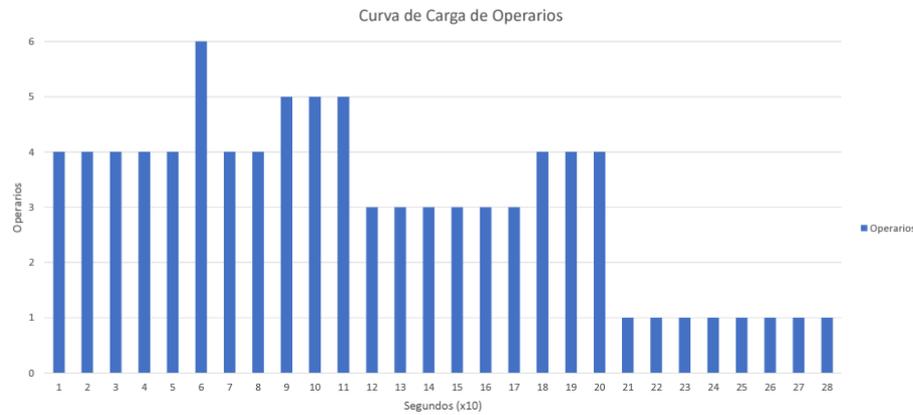


b) Procesos por Lotes (Batch): Este método se utiliza para producir cantidades limitadas de un mismo producto bajo la demanda o pedido. Su principal característica es la versatilidad de las instalaciones, que permite producir diferentes tipos de bienes. Por esto mismo, la mano de obra debe ser calificada. (EAE Business School, 2014).

Al visualizar estos resultados será necesario replantear el diagrama de GANT tomando en consideración la limitación de recursos, entonces para realizar las actividades, la empresa contará en esta nueva instancia con:

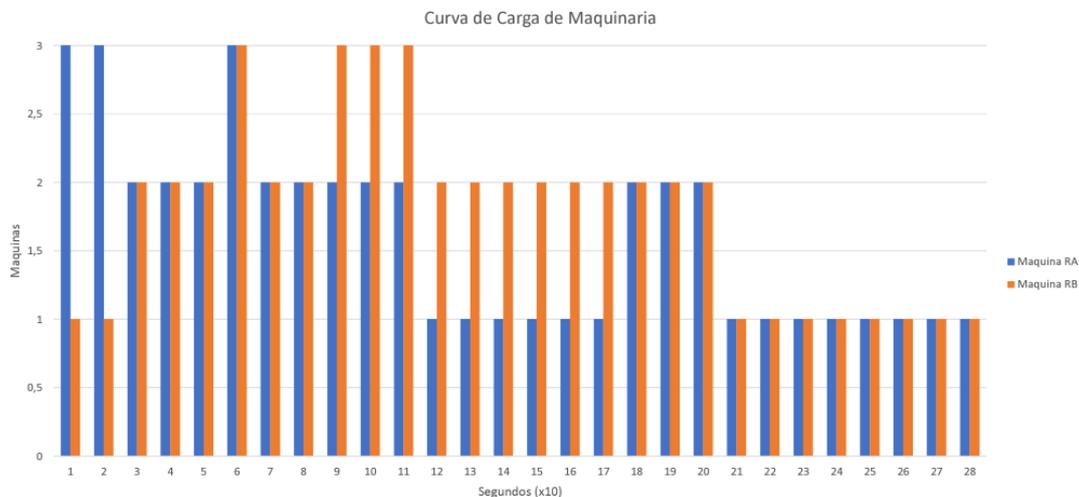
- 6 técnicos, cuya especialización le permite realizar cualquiera de las actividades.
- Se poseen ahora 3 máquinas de tipo A, la misma que sirve para ajustar las piezas.
- Se poseen ahora 3 máquinas de tipo B, las mismas que nos permiten sostener las piezas con la presión adecuada.

Curvas de Carga Equilibradas (1)



La Figura 10 muestra las curvas de cargas equilibradas y la Figura 11 la curva de cargas balanceadas según las nuevas consideraciones colocadas en el algoritmo.

Curvas de Carga Balanceadas (2)



Planificación de la demanda en manufactura.

La planificación de la demanda es un proceso de gestión de la cadena de suministro que permite a una empresa proyectar la demanda futura y personalizar de forma exitosa la producción de la empresa, ya sean productos o servicios, de acuerdo con esas proyecciones.

La planificación de la demanda busca lograr y mantener un equilibrio de oferta eficazmente ajustado, uno en el que los inventarios de las tiendas contengan tantos productos como dicta la demanda, pero no más de lo proyectado. Encontrar el equilibrio perfecto que existe entre la suficiencia y el excedente

puede resultar especialmente complicado. Y, a pesar de que mantener ese equilibrio es una de las principales preocupaciones de la planificación de la demanda, también lo es el esfuerzo constante para ayudar a moldear la demanda mediante un uso eficaz de las promociones.

La planificación eficaz de la demanda generalmente **requiere el uso de técnicas de previsión para anticipar con precisión las tendencias de la demanda** resultando en beneficios adicionales, como una mayor eficiencia de la empresa y satisfacción del cliente.

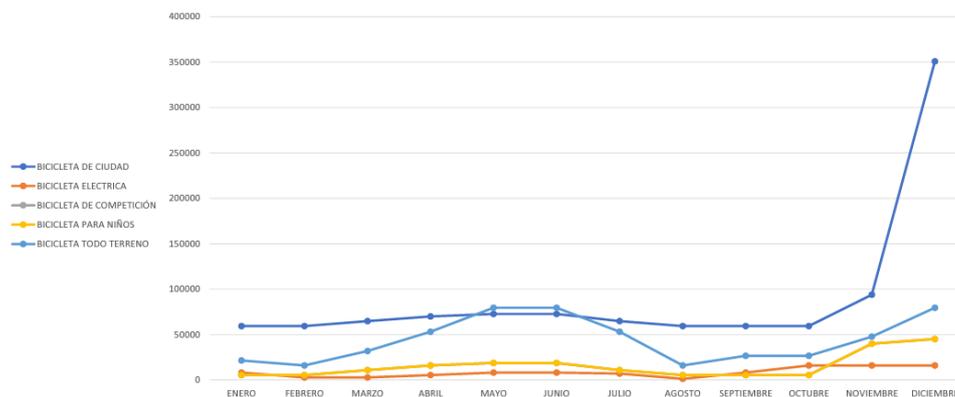
En la Figura 11 se muestra el calendario de la demanda establecido.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
BICICLETA DE CIUDAD	59220	59220	64620	69840	72540	72540	64620	59220	59220	59220	93780	351000	1085040
BICICLETA ELECTRICA	7920	2700	2700	5220	7920	7920	6840	1080	7920	15840	15840	15840	97740
BICICLETA DE COMPETICIÓN	5220	5220	10620	15840	18540	18540	10620	5220	5220	5220	39780	45000	185040
BICICLETA PARA NIÑOS	5220	5220	10620	15840	18540	18540	10620	5220	5220	5220	39780	45000	185040
BICICLETA TODO TERRENO	21240	15840	31680	52920	79380	79380	52920	15840	26460	26460	47520	79380	529020

Se debe tener en consideración lo siguiente:

2 tipos de clientes que son clientes particulares y corresponden a la mayor parte de la demanda. Por otro lado, la demanda depende del tiempo entre las Ciudades, por ejemplo, la demanda regular mes a mes de bicicletas de Ciudad es una demanda especial de 252 000 bicicletas de Ciudad, hasta incluir el lanzamiento de una nueva ciudad.

La distribución de la demanda en el tiempo se muestra en la Figura 12 y la ubicación de las fábricas en la Figura 13.



Numero de líneas	Francia	España	Alemania	Polonia	Total
BICICLETA DE CIUDAD	4	1	21	20	46
BICICLETA ELECTRICA	2	1	1	1	5
BICICLETA DE COMPETICIÓN	1	5	2	0	8
BICICLETA PARA NIÑOS	1	1	5	1	8
BICICLETA TODO TERRENO	10	10	10	10	40
Total	18	18	39	32	107

Para considerar la capacidad de producción se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tiempo medio de producción: 5 minutos;

Días de 8 horas

Capacidad de producción: 96u/d/línea 24096 u/a/línea (FR, DE, PO) 23808 u/a/línea (ES)

La planificación de la demanda es el eje fundamental de una cadena de suministro eficaz y cumple dos funciones esenciales, lo que la hace doblemente importante para las empresas. Primero, siempre existe la intención principal para proteger la venta y garantizar que se generen los ingresos esperados. Pero los minoristas no pueden vender lo que no tienen en inventario. Y los consumidores de hoy no tardan mucho en desarrollar una impresión duradera de una empresa y saber si puede satisfacer la demanda requerida. **La planificación de la demanda funciona para asegurarse de que los minoristas tengan exactamente la cantidad correcta de inventario en el lugar adecuado,** y así evitar que se agoten las existencias y estar preparados para la próxima venta.

Sin embargo, proteger las ventas ya no es suficiente. También se trata de administrar los negocios de una forma más eficiente. La planificación de la demanda ayuda con la eficiencia al ayudar a administrar el espacio de inventario de manera más inteligente.

La Figura 14 nos muestra em plan de producción planteado.

t (mes)		Δt	Λ t	Demanda t	I*(t) total	Δdt	ΔDt	Pt=Dt/Δt	pt = dt/Δt
					4000				
1	Francia	22	22	59220	5922	61142	61142	2779	2779
	España	21	21	59220	5922	61142	61142	2912	2912
	Alemania	22	22	59220	5922	61142	61142	2779	2779
	Polonia	21	21	59220	5922	61142	61142	2912	2912
2	Francia	20	42	59220	5922	59220	120362	2866	2961
	España	19	40	59220	5922	59220	120362	3009	3117
	Alemania	20	42	59220	5922	59220	120362	2866	2961
	Polonia	20	41	59220	5922	59220	120362	2936	2961
3	Francia	23	65	64620	6462	65160	185522	2854	2833
	España	22	62	64620	6462	65160	185522	2992	2962
	Alemania	23	65	64620	6462	65160	185522	2854	2833
	Polonia	23	64	64620	6462	65160	185522	2899	2833

Para lo que se debe tomar en consideración lo siguiente: I^*t : stock de seguridad = $0,1 * Demanda(t)$;

No ponemos la demanda especial para la nueva ciudad en el stock de seguridad.

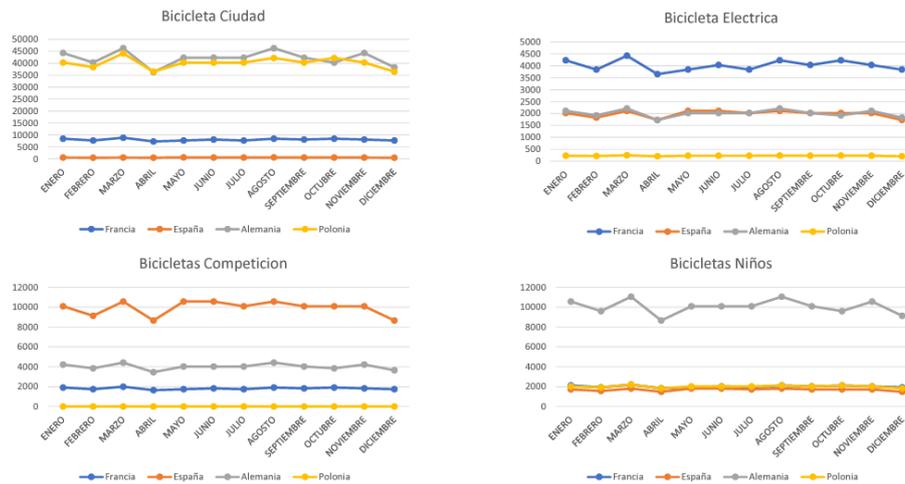
La planificación de la demanda puede ayudar a las empresas a evitar los peligros del exceso de existencias, como el aumento de los costos de mantenimiento de inventario y situaciones financieras

que requieren el uso de descuentos de productos u otras medidas temporales para aliviar el exceso de inventario acelerando su venta.

La planificación y la previsión de la demanda son más cruciales que nunca, especialmente porque muchas fuerzas externas, como los fenómenos meteorológicos, las tendencias económicas y las emergencias globales, pueden reconfigurarla y remodelarla.

Discusión de resultados

Los planes de producción se indican en la Figura 15.



Estos planes han sido realizados con una temporalidad que nos permita la factibilidad del método de producción, bajo la premisa de:

Pt es dable, pero pt no => JIT imposible => Decisión de hacer una Tasa constante para bicicletas de ciudad, eléctricas, de competición, niños

$I+t= I(u)-I*t$ Crece en los primeros meses, y luego disminuye para acabar a 11

Tomando en consideración uno de los casos que será la bicicleta todo terreno tendremos los resultados de la simulación siguientes.

Tiempo	Pais	Rt
		Ale>Pol>Fra>Esp
1	Francia	85
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
5	Francia	85
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
6	Francia	960
	España	859
	Alemania	960
	Polonia	960
7	Francia	497
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
11	Francia	397
	España	458
	Alemania	960
	Polonia	960
12	Francia	960
	España	960
	Alemania	960

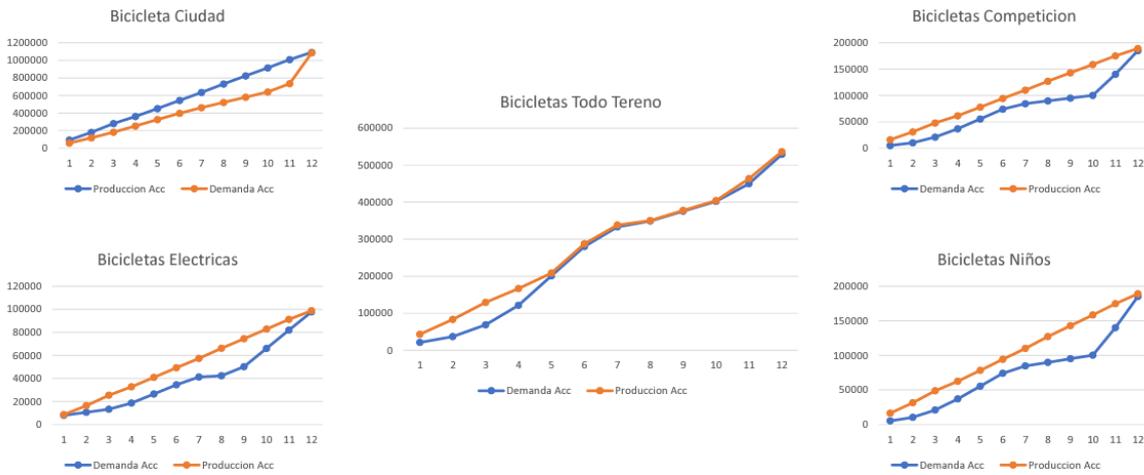
Tasa constante para responder a la demanda de verano

JIT

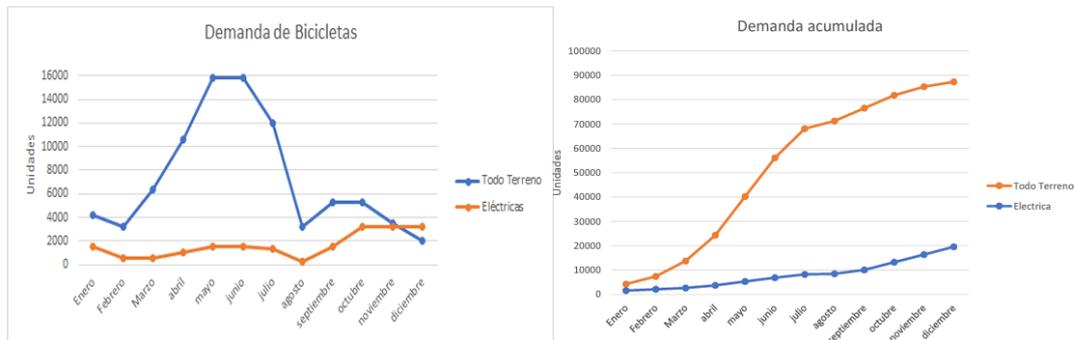
JIT ajustada para responder a la demanda de navidad



De la misma manera, una vez simulados los resultados podemos ver la construcción de las gráficas de la demanda versus la producción en la Figura 17.



Y en la Figura 18, las gráficas de la demanda acumulada.



Las tasas de producción ajustadas responden a lo mostrado en la Figura 19.

JIT		TASA CONSTANTE	
Tasas BTT	Tasas BEL	Tasa BTT	Tasa BEL
206	72	354	78
153	32	354	78
289	23	354	78
579	52	354	78
820	77	354	78
756	75	354	78
580	70	354	78
104	15	354	78
262	69	354	78
241	137	354	78
187	151	354	78
132	158	354	78

Líneas 1 - 4	Línea 5
CAPACIDADES/ DIA	CAPACIDADES/ DIA
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96

Esto nos indica que la demanda en verano crece y el método de producción debe ser ajustado para la no generación de STOCK. La planificación a costes mínimos produce los resultados mostrados en la Tabla 1.

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12		
X(max)	6336	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440
Mes 1	6336	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440
	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984
4523														
Mes 2	1813	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440
	460	544	420	504	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900
3060			3060											
Mes 3	1813	1584	2700	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440
	500	584	460	544	420	504	584	580	664	660	744	740	824	820
6653			28	6624										
Mes 4	1813	1584	2671	1440	0	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440
	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744
11009			2671			5472	1368	1498						
Mes 5	1813	1584	0	1440	0	1656	0	0	4162	1440	6048	1512	5760	1440
	580	664	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664
16405									4162	1440	6048	2942		
Mes 6	0	1584	0	1440	0	1656	0	0	0	1512	2818	1440	6336	1584
	620	704	580	664	540	584	460	544	420	504	500	584	580	664
15876					1656					1512	2818	1440	6336	2114
Mes 7	0	1584	0	1440	0	0	0	0	0	0	0	1584	3934	1512
	660	744	620	704	580	664	540	624	500	584	460	544	420	504
												1584	3934	6077

En rojo y turquesa los ajustes realizados para cumplir las ecuaciones planteadas. La lotificación de materiales se indica en la siguiente tabla.

Material	Lotificación	Stock inicial en lote	Plazo (semanas)
Sillín	5	354	2
Cuadro	20	89	3
Rueda	15	118	1
Manilla	50	36	2
Horquilla	50	36	2
Amortiguador central	50	36	3
Pedal	10	177	1
Cadena	20	89	0
Platos	50	36	1
Cambios	50	36	3
Pintura	20L	45L	2
Pack embalaje	200	9	0

Para lo que se ve la necesidad de cumplir lo siguiente:

Stock inicial: 1 semana de producción -> para producir 1770 bicicletas (lote de 1 bici)

Conclusiones

Referente a la gestión de STOCKS versus el MRP podemos sintetizar lo desarrollado en la Tabla 3.

Objetivos:

MRP	Gestión de stocks
Establecimiento de un plan de producción para cada material que forma parte del producto final	Encontrar el tamaño de lote optimo
Satisfacer la demanda del producto just in time	Minimizar el coste de gestión

Herramientas:

MRP	Gestión de stocks
Cálculos de matrices para obtener las necesidades netas	Formular la ecuación de costes (en su caso con restricciones)
Algoritmo para obtener los órdenes plan emisión	Minimizar la ecuación a través de cálculo diferencial (en su caso con Lagrange) satisfaciendo la demanda

Se puede resaltar que el algoritmo se describe de la siguiente manera:

Ecuación de coste:

$$C(Q) = CA(Q) + Cu(Q) + Ch(Q) + Cb(Q) + Cr(Q) \quad \left[\frac{um}{ut} \right]$$

\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 Coste de Lanzamiento Coste unitario Coste de Posesión de stock Coste de diferir Coste de rotura

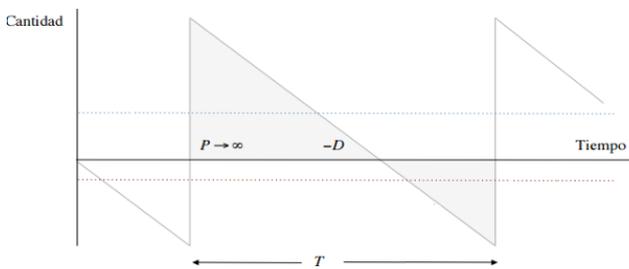
(s.a. : $f_i(Q) \leq gi(Q) \quad \forall i$)

→ Las funciones $C_i(Q)$ dependen del modelo que se está usando

→ Calculamos suponiendo una demanda constante así que obtengamos un tamaño de lote óptimo constante

El modelo matemático obedece a las ecuaciones

Modelo **EOQ con demanda diferida y producción infinito** (entregas del exterior) sin restricciones:



$$C(Q, x) = ca * \frac{D}{Q} + c_u * D + ch * \frac{1}{2} Q(1-x)^2 + cb * \frac{1}{2} Qx^2$$

$x^* = \frac{c_h}{c_h + c_b}$	La fracción de demanda diferida
$Q^* = \sqrt{\frac{2c_A D(c_h + c_b)}{c_h c_b}}$	Tamaño óptimo del lote
$v^* = \sqrt{\frac{c_h c_b D}{2c_A(c_h + c_b)}}$	Frecuencia óptima de reposición
$T^* = \sqrt{\frac{2c_A(c_h + c_b)}{c_h c_b D}}$	Tiempo de ciclo óptimo
$C^* = c_u D + \sqrt{\frac{2c_A c_h c_b D}{c_h + c_b}}$	Coste óptimo de gestión de stock durante

Entonces, bajo los distintos algoritmos los resultados se muestran en las Figuras 20, 21 y 22.

Cotas y resolución Branch and Bound (II)

Nivel $t = 1$

$\pi(1) = (\text{Todo Terreno}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (40 + 8 + 38) + (28 + 32 + 42) = 188$
 $\pi(1) = (\text{Niños}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (20 + 5 + 28) + (38 + 32 + 42) = 165$
 $\pi(1) = (\text{Ciudad}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (30 + 8 + 32) + (38 + 28 + 42) = 178$
 $\pi(1) = (\text{Comp}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (40 + 8 + 42) + (38 + 28 + 32) = 188$

$$LB_3(\pi(t)) = C_{3,t} + \sum_{j \in (I - \pi(t))} p_{3,j}$$

→ Eliminar ($188 > 178$)
 → Podríamos eliminar ya que sabemos una solución igual
 → Eliminar

Nivel $t = 2$ - Desarrollar (Niños)

$\pi(2) = (\text{Niños, Todo Terreno}) \Rightarrow (106) + (32 + 42) = 180$ → Eliminar
 $\pi(2) = (\text{Niños, Ciudad}) \Rightarrow (90) + (38 + 42) = 178$
 $\pi(2) = (\text{Niños, Comp}) \Rightarrow (110) + (38 + 32) = 180$ → Eliminar

t=2	Niños [s]	TT [s]	Ciudad [s]	Comp [s]
1	<u>20</u>	60	50	60
2	<u>25</u>	68	58	68
3	<u>53</u>	106	90	110

Nivel $t = 3$ - Desarrollar (Niños, Ciudad)

$\pi(3) = (\text{Niños, Ciudad, Todo Terreno}) \Rightarrow LB_3 = 136 + 42 = 178$
 $\pi(3) = (\text{Niños, Ciudad, Comp}) \Rightarrow LB_3 = 140 + 38 = 178$

t=3	Niños [s]	Ciudad [s]	TT [s]	Comp [s]
1	<u>20</u>	<u>50</u>	90	90
2	<u>25</u>	<u>58</u>	98	98
3	<u>53</u>	<u>90</u>	136	140

Nivel $t = 4$ - Desarrollar (Niños, Ciudad, Todo Terreno)

$\pi(4) = (\text{Niños, Ciudad, Todo Terreno, Comp}) \Rightarrow LB_3 = 180$ → Eliminar

Nivel $t = 4$ - Desarrollar (Niños, Ciudad, Comp)

Tomaremos como ejemplo de piezas de producción las ordenes de trabajo de las manillas.

Order Schedule - Manilla

Con restricciones:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_t	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Q_t	560	560	560	560	0	560	560	560	0	560	560	560
Nº de lote	112	112	112	112	0	112	112	112	0	112	112	112
I_t	135	270	405	540	115	250	385	520	95	230	365	500
C_t	95534	95804	96074	96344	230	95764	96034	96304	190	95724	95994	96264

$Q^* = 558u \rightarrow$ pedidos de 560 (tamaño de lote de 5 unidades) $C_t^* = 960260 \text{ um}$

Sin restricciones:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_t	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Q_t	570	570	570	0	570	570	570	0	570	570	570	0
Nº de lote	114	114	114	0	114	114	114	0	114	114	114	0
I_t	145	290	435	10	155	300	445	20	165	310	455	30
C_t	97254	97544	97844	20	97274	97564	97854	40	97294	97584	97874	60

Finalmente se muestra la resolución matemática. Es importante recalcar que la gestión eficaz de la demanda requiere una comprensión integral de los productos y sus respectivos ciclos de vida. La gestión del portafolio de productos ofrece dicho conocimiento y detalla el ciclo de vida completo de un producto, desde sus orígenes hasta su eventual eliminación. Y dado que muchas líneas de productos son interdependientes, la gestión del portafolio de productos le muestra cómo la demanda cambiante puede afectar a los productos. Otro aspecto relevante es la previsión estadística, partiendo del concepto tradicional de que la información histórica suele ser lo que mejor define el rendimiento futuro, la previsión estadística utiliza algoritmos complejos para analizar datos antiguos y desarrollar previsiones de la cadena de suministro. Las matemáticas de los métodos de previsión estadística son avanzadas y su proceso exige la existencia de datos precisos (incluso de valores atípicos, exclusiones o suposiciones).

Por otro lado, la detección de demanda utiliza una combinación de nuevas fuentes de datos, como el clima, las tendencias de las enfermedades infecciosas, datos gubernamentales y más, con datos de tendencias históricas, y aplica inteligencia artificial para detectar interrupciones e influencias de la demanda casi en tiempo real.

2. Test de satisfacción: $\frac{1}{2} * Q_{sillon, tentativo} + \frac{1}{2} * Q_{manilla, tentativo} = 512 u > 500 u = I_{medio, max}$

3. Lagrange: $\min C(Q, \lambda) = cA_{1,1} * \frac{D_1}{Q_1} + cu_{1,1} * D_1 + \frac{1}{2} c_{h,1} * Q_1 + cA_{2,2} * \frac{D_2}{Q_2} + cu_{2,2} * D_2 + \frac{1}{2} c_{h,2} * Q_2 + \lambda * [\frac{1}{2}(Q_1 + Q_2) - 500]$

$Q(\lambda) = \sqrt{\frac{2 * 40 * 5100}{2 + 2 * 0,5 * \lambda}}$ $\left\{ \begin{array}{l} Q_1(\lambda) = \sqrt{(2 * 40 * 5100)/(2 + \lambda)} \rightarrow \frac{Q_1(\lambda)}{2} + \frac{Q_2(\lambda)}{2} = 500u \\ Q_2(\lambda) = \sqrt{(2 * 64 * 5100)/(2 + \lambda)} \end{array} \right.$

$0,5 * \sqrt{\frac{2 * 40 * 5100}{2 + \lambda}} + 0,5 * \sqrt{\frac{2 * 64 * 5100}{2 + \lambda}} = 500 \Rightarrow \lambda * \approx 9,3\% \equiv$ Cada unidad que sobrepasa el limite del stock medio nos cuesta 0,093 un

4. Óptimos:

$\left\{ \begin{array}{l} Q_1(\lambda) = \sqrt{(2 * 40 * 5100)/(2 + \lambda)} = 442u \\ Q_2(\lambda) = \sqrt{(2 * 64 * 5100)/(2 + \lambda)} = 558u \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} v_1^* = 11,5 \frac{\text{ordenes}}{12 \text{ semanas}} \\ v_2^* = 9,1 \frac{\text{ordenes}}{12 \text{ semanas}} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} T_1^* = 0,96 \text{ semanas} \\ T_2^* = 0,76 \text{ semanas} \end{array} \right.$ $C^* = 1302966 \text{ um}$

Referencias bibliográficas:

- Abbas Fotouhi, Rubiyah Yusof, Rasoul Rahmani, Saad Mekhilef, and Neda Shateri. A review on the applications of driving data and traffic information for vehicles energy conservation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37(Supplement C):822 – 833, 2014.
- Apurba Sakti, Jeremy J. Michalek, Erica R.H. Fuchs, and Jay F. Whitacre. A technoeconomic analysis and optimization of li-ion batteries for light-duty passenger vehicle electrification. *Journal of Power Sources*, 273(Supplement C):966 – 980, 2015.
- G. Nielson and A. Emadi. Hybrid energy storage systems for high-performance hybrid electric vehicles. In *2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, pages 1–6, Sept 2011.
- Hanane Hemi, Jamel Ghouili, and Ahmed Cheriti. Combination of markov chain and optimal control solved by pontryagin's minimum principle for a fuel cell/supercapacitor vehicle. *Energy Conversion and Management*, 91(Supplement C): 387 – 393, 2015.
- Himanshu Khurana, Mark Hadley, Ning Lu, and Deborah A Frincke. Smart-grid security issues. *IEEE Security & Privacy*, 8(1), 2010.
- Hoke, A. Brissette, K. Smith, A. Pratt, and D. Maksimovic. Accounting for lithium-ion battery degradation in electric vehicle charging optimization. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 2(3):691– 700, Sept 2014. [8]
- J. Shen, S. Dusmez, and A. Khaligh. Optimization of sizing and battery cycle life in battery/ultracapacitor hybrid energy storage systems for electric vehicle applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4):2112–2121, Nov 2014.
- Lijun Gao, R. A. Dougal, and Shengyi Liu. Power enhancement of an actively controlled battery/ultracapacitor hybrid. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 20(1):236–243, Jan 2005.
- M Devineni, A Dinger, M Gerrits, T Mezger, X Mosquet, M Russo, G Sticher, and H Zablit. Powering autos to 2020: the era of the electric car. Boston Consulting Group, 2011.
- M. E. Choi, J. S. Lee, and S. W. Seo. Real-time optimization for power management systems of a battery/supercapacitor hybrid energy storage system in electric vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 63(8):3600–3611, Oct 2014.
- M.A. Hannan, F.A. Azidin, and A. Mohamed. Hybrid electric vehicles and their challenges: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29(Supplement C):135 – 150, 2014.
- M.A. Hannan, M.M. Hoque, A. Mohamed, and A. Ayob. Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69(Supplement C):771 – 789, 2017.
- M.Y. Ayad, M. Becherif, and A. Henni. Vehicle hybridization with fuel cell, supercapacitors and batteries by sliding mode control. *Renewable Energy*, 36(10):2627 – 2634, 2011. *Renewable Energy: Generation & Application*.
- Martin Redelbach, Enver Doruk Ozdemir, and Horst E. Friedrich. Optimizing battery sizes of plug-in hybrid and extended range electric vehicles for different user types. *Energy Policy*, 73(Supplement C):158 – 168, 2014.
- P. Rodatz, G. Paganelli, A. Sciarretta, and L. Guzzella. Optimal power management of an experimental fuel cell/supercapacitor-powered hybrid vehicle. *Control Engineering Practice*, 13(1):41 – 53, 2005.
- P. Thounthong, V. Chunkag, P. Sethakul, B. Davat, and M. Hinaje. Comparative study of fuel-cell vehicle hybridization with battery or supercapacitor storage device. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 58(8):3892– 3904, Oct 2009.
- Q. Xiaodong, W. Qingnian, and Y. YuanBin. Power demand analysis and performance estimation for activecombination energy storage system used in hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 63(7):3128–3136, Sept 2014.
- Richard G Newell and Stuart Iler. The global energy outlook. Technical report, National Bureau of Economic Research, 2013.
- Sciarretta and L. Guzzella. Control of hybrid electric vehicles. *IEEE Control Systems*, 27(2):60–70, April 2007.
- Sampietro-Saquicela, J. L. ., Izquierdo-Obando, J. E. ., Pico-Plaza, M. T. ., Plata-Cabrera, C. S. ., Solis-Charcopa, K. F. ., Intriago-Mera, R. A., Quintero-Estrada, A. K. ., De La A Salinas, L. D. R. ., & Quintero-Quiñónez, M. G. . (2022). Economic feasibility study for the installation of an air quality monitoring system based on a sensory network. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(1), 1030–1056. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.282>
- Shunping JIA, Hongqin PENG, Shuang LIU, and Xiaojie ZHANG. Review of transportation and energy consumption related research. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 9(3):6 – 16, 2009.
- T.M.I. Mahlia, R. Saidur, L.A. Memon, N.W.M. Zulkifli, and H.H. Masjuki. A review on fuel economy standard for motor vehicles with the implementation possibilities in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9):3092–3099, Dec 2010.
- Tedjani Mesbahi, Fouad Khenfri, Nassim Rizoug, Khaled Chaaban, Patrick Bartholome us, and Philippe Le Moigne. Dynamical modeling of li-ion batteries for electric vehicle applications based on hybrid particle swarm– nelder–mead (ps0–nm) optimization algorithm. *Electric Power Systems Research*, 131(Supplement C):195 – 204, 2016.